

**CARACTERIZACIÓN DE LOS HÁBITOS ALIMENTARIOS DE LAS HORMIGAS
ARRIERAS EN EL BOSQUE SECO TROPICAL DEL JARDÍN BOTÁNICO DE LA
CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI**

**ANDRÉS MAURICIO URCUQUI BUSTAMANTE
JOSÉ ANDRÉS SÁNCHEZ GALARZA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS
RECURSOS NATURALES
SANTIAGO DE CALI
2005**

**CARACTERIZACIÓN DE LOS HÁBITOS ALIMENTARIOS DE LAS HORMIGAS
ARRIERAS EN EL BOSQUE SECO TROPICAL DEL JARDÍN BOTÁNICO DE LA
CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI**

**ANDRÉS MAURICIO URCUQUI BUSTAMANTE
JOSÉ ANDRÉS SÁNCHEZ GALARZA**

Trabajo de investigación presentado para optar por el título de Administrador del
Medio Ambiente y de los Recursos Naturales

Asesores

ELIZABETH MUÑOZ M.Sc.

Directora del Programa de Administración del Medio Ambiente y de los Recursos
Naturales

INGE ARMBRECHT Ph.D.

Profesora del Departamento de Entomología de la Universidad del Valle

JORGE ENRIQUE OREJUELA GARTNER Ph.D.

Jefe del Departamento de Ciencias Ambientales

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS
RECURSOS NATURALES
SANTIAGO DE CALI**

2005

Nota de aceptación

Laureada por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar por el título de Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales.

CAROLINA GOMEZ SCHOUBEN

Jurado

SEBASTIÁN RESTREPO CALLE

Jurado

Santiago de Cali, Febrero 21 de 2005

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	12
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
2. ANTECEDENTES	15
3. OBJETIVOS	16
4. JUSTIFICACIÓN	17
5. MARCO TEÓRICO	18
5.1 LAS HORMIGAS INSECTOS SOCIALES	18
5.2 LOS DIVERSOS GRUPOS DE HORMIGAS Y LAS <i>Attini</i> (CULTIVADORAS DE HONGO)	19
5.2.1 Hormigas cultivadoras de hongo inferiores	19
5.2.2 Hormigas cultivadoras de hongo superiores	20
5.3 LAS HORMIGAS CORTADORAS DE HOJAS (ARRIERAS)	20
5.3.1 El género <i>Acromyrmex</i>	21
5.3.2 El género <i>Atta</i>	21
5.4 GENERALIDADES DE LA HORMIGA ARRIERA (<i>Atta cephalotes</i>)	22
5.4.1 El hormiguero	22
5.4.2 Densidad de los nidos	22
5.4.3 Caminos de forrajeo y territorialidad	23
5.4.4 Organización social	23
5.4.5 Reproducción	25
5.4.6 Nacimiento de una colonia	26
5.5 SIMBIOSIS DE 4 REINOS DE LA NATURALEZA: HORMIGA ARRIERA (R. ANIMAL), HONGO (R. MYCOTA), BACTERIA (R. MONERA) Y VEGETACIÓN (R. VEGETAL)	26
5.5.1 El hongo	26
5.5.2 Actividad de forrajeo	27
5.5.3 Distancias de forrajeo y transporte de material vegetal	28
5.5.4 Selección del material alimenticio	29
5.5.5 La degradación de las hojas	33
5.5.6 La bacteria <i>Streptomyces</i>	34
6. METODOLOGÍA	35
6.1 ÁREA DE ESTUDIO: EL JARDÍN BOTÁNICO DE CALI	35
6.1.1 Climatología	35
6.1.2 Geomorfología	36
6.1.3 Zonas de reserva	36

6.1.4	Fauna y flora	36
6.1.5	Asentamientos humanos	36
6.2	IDENTIFICACIÓN DE HORMIGUEROS EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE LA CIUDAD DE CALI (JBC)	38
6.3	ESPECIES DE HORMIGA ARRIERA ENCONTRADAS	38
6.4	CARACTERIZACIÓN DE LOS HORMIGUEROS DE ARRIERAS ENCONTRADOS	38
6.4.1	Área de los nidos	38
6.4.2	Estado actual de los hormigueros de <i>Atta cephalotes</i>	39
6.5	DISTANCIAS DE FORRAJEEO DE LOS HORMIGUEROS ESCOGIDOS COMO OBJETO DE ESTUDIO	39
6.5.1	Distancias de forrajeo	39
6.5.2	Distancias de forrajeo por rango	40
6.6	SELECCIÓN ALIMENTARIA DE LA HORMIGA ARRIERA	40
6.6.1	Vegetación forrajada por las colonias de hormiga arriera	40
6.6.2	Especies forrajadas por colonia	40
6.7	BIOMASA VEGETAL CONSUMIDA POR LAS COLONIAS DE HORMIGA ARRIERA	40
6.7.1	Biomasa vegetal promedio forrajada por colonia y periodo de estudio (BVPE)	41
6.7.2	Biomasa vegetal promedio forrajada por colonia y mes de estudio (BVPM)	41
6.7.3	Biomasa vegetal promedio forrajada por año (BVPA)	41
7.	RESULTADOS	42
7.1	HORMIGUEROS IDENTIFICADOS EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE LA CIUDAD DE CALI (JBC)	42
7.2	ESPECIES DE HORMIGA ARRIERA ENCONTRADAS	42
7.3	CARACTERIZACIÓN DE LOS HORMIGUEROS DE ARRIERAS ENCONTRADOS	42
7.3.1	Área de los nidos	42
7.3.2	Estado actual de los hormigueros de <i>Atta cephalotes</i>	44
7.4	DISTANCIAS DE FORRAJEEO DE LOS HORMIGUEROS ESCOGIDOS COMO OBJETO DE ESTUDIO	47
7.4.1	Distancias de forrajeo	47
7.4.2	Distancias de forrajeo por rango	50
7.5	SELECCIÓN ALIMENTARIA DE LA HORMIGA ARRIERA	52
7.5.1	Vegetación forrajada por las colonias de hormiga arriera	52
7.5.2	Especies forrajadas por colonia	52
7.6	BIOMASA VEGETAL FORRAJEADA POR LAS COLONIAS DE HORMIGA ARRIERA	56
7.6.1	Biomasa vegetal promedio forrajada por colonia y periodo de estudio (BVPE)	56
7.6.2	Biomasa vegetal promedio forrajada por colonia y mes de	57

	estudio (BVPM)	
7.6.3	Biomasa vegetal promedio forrajada por año (BVPA)	59
8.	ÁNÁLISIS DE RESULTADOS	60
8.1	HORMIGUEROS IDENTIFICADOS EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE LA CIUDAD DE CALI (JBC)	60
8.2	ESPECIES DE HORMIGA ARRIERA ENCONTRADAS	60
8.3	CARACTERIZACIÓN DE LOS HORMIGUEROS DE ARRIERAS ENCONTRADOS	60
8.4	DISTANCIAS DE FORRAJEEO DE LOS HORMIGUEROS ESCOGIDOS COMO OBJETO DE ESTUDIO	61
8.5	SELECCIÓN ALIMENTARIA DE LA HORMIGA ARRIERA	63
8.6	BIOMASA VEGETAL CONSUMIDA POR LAS COLONIAS DE HORMIGA ARRIERA	63
9.	CONCLUSIONES	65
10.	RECOMENDACIONES	67
	BIBLIOGRAFÍA	69
	ANEXOS	79

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ciclo de vida de una hormiga obrera (cargadora)	25
Tabla 2. Área de los nidos encontrados en el Jardín Botánico de Cali	43
Tabla 3. Área promedio de los nidos de hormiga arriera en cada zona del JBC	44
Tabla 4. Distancias de forrajeo máximas, mínimas y promedio para cada colonia escogida (meses Marzo – Mayo 2004)	47
Tabla 5. Distancias de forrajeo máximas, mínimas y promedio para cada colonia escogida (meses Junio – Agosto 2004)	47
Tabla 6. Porcentaje de distancias de forrajeo por rango para cada colonia escogida (meses Marzo – Mayo 2004)	50
Tabla 7. Porcentaje de distancias de forrajeo por rango para cada colonia escogida (meses Junio – Agosto 2004)	51
Tabla 8. Lista de la vegetación forrajada por <i>Atta cephalotes</i> en los predios del Jardín Botánico de Cali	52
Tabla 9. Número de individuos forrajados por especie y meses de estudio	53
Tabla 10. Listado familias y especies forrajadas por colonia de <i>Atta cephalotes</i>	55
Tabla 11. Promedio de biomasa vegetal forrajada por las colonias de <i>A. cephalotes</i> en cada período de estudio en g/minuto	57
Tabla 12. Promedio de biomasa vegetal forrajada por las colonias de <i>A. cephalotes</i> en cada mes de estudio en g/minuto	58
Tabla 13. Biomasa vegetal promedio forrajada por las seis colonias de arrieras en el JBC en g/mes	59
Tabla 14. Biomasa vegetal promedio transportada por cada colonia de arrieras en g/mes	59

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Área promedio de nidos encontrados por zona del JBC	44
Gráfico 2. Distancias de forrajeo promedio por nidos escogidos (meses Marzo – Mayo 2004)	48
Gráfico 3. Distancias de forrajeo promedio por nidos escogidos (meses Junio – Agosto 2004)	49
Gráfico 4. Distancias de forrajeo máximas por área de hormiguero	49
Gráfico 5. Rango de distancias recorridas por cada nido para cada punto de forrajeo	50
Gráfico 6. Rango de distancias recorridas por cada nido para cada punto de forrajeo	51
Gráfico 7. Especies arbóreas forrajeadas por las colonias de <i>A. cephalotes</i> en el período Marzo – Mayo de 2004	54
Gráfico 8. Especies arbóreas forrajeadas por las colonias de <i>A. cephalotes</i> en el período Junio – Agosto de 2004	54
Gráfico 9. Cantidad de especies arbóreas forrajeadas por las colonias de <i>A. cephalotes</i> durante los meses Marzo – Agosto de 2004	56
Gráfico 10. Promedio de biomasa vegetal forrajeadada por <i>A. cephalotes</i> en cada periodo estudiado (p. de lluvia y p. de sequía)	57
Gráfico 11. Promedio de biomasa vegetal forrajeadada por <i>A. cephalotes</i> en cada mes estudiado	58

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A.	Caracterización de nidos de <i>Atta cephalotes</i> en el JBC
Anexo B.	Listado de especies presentes en la colección <i>in-situ</i> Jardín Botánico de Cali
Anexo C.	Fotografía aérea del Jardín Botánico de Cali, ubicado en la cuenca media del río Cali
Anexo D1.	Ubicación de colonias de <i>A. cephalotes</i> en mapa a mano alzada
Anexo D2.	Ubicación de colonias de <i>A. cephalotes</i> en mapa a mano alzada

RESUMEN

Dentro de este trabajo, producto de nueve meses de observación del comportamiento alimentario de la hormiga arriera *Atta cephalotes* en los predios del Jardín Botánico de Cali (JBC) ubicado en la cuenca media del río Cali, se presenta una caracterización rápida de los 22 nidos encontrados en el bosque seco tropical que constituye las 12 ha de esta zona. En una recopilación del estudio de la vegetación y caminos de forrajeo que utilizan 6 colonias, escogidas al azar, se pudo establecer que la densidad de los hormigueros, su tamaño, los recursos alimenticios a los que pueden acceder, y las distancias de forrajeo promedio y máximas, son determinados por alteraciones en el ambiente. Por otro lado, se encontró que la especie *A. cephalotes* está consumiendo 19 de 89 especies de plantas, es decir un 21,35 % del total de árboles de la zona de estudio, y que están transportando alrededor de 137,4 Kg de material vegetal al año. También, se obtuvo una comparación de las características de la actividad de forrajeo en los periodos de lluvia y de sequía, con la cual se pudo establecer que existe relación entre las distancias de forrajeo, el número de especies defoliadas y el número de individuos por especie defoliada, con respecto al régimen bimodal que caracteriza el área de estudio.

ABSTRACT

Inside this work, product of 9 months of observation of the alimentary behavior on the leafcutter ant *Atta cephalotes* in the properties of the Botanical Garden of Cali, located in the half basin of the Cali river, a quick characterization of the 22 nests found in the tropical dry forest that constitutes the 12 ha of this area is presented. In a summary of the study of the vegetation and roads of foraging that 6 colonies use, chosen at random, it could settle down that the density of the anthills, their size, the nutritious resources to those that can consent, and the distances of foraging, are determined by alterations in the environment. On the other hand, it was found that the species *A. cephalotes* is consuming 19 of 89 species of plants, that is 21,35% of the total of trees of the study area, and that they are transporting around 137,4 Kg from vegetable material per year. Also, a comparison of the characteristics of the activity was obtained of foraging in the periods of rain and of drought, with which could settle down that relationship exists among the distances of foraging, the number of species foraged and the number of individuals for

species foraged, with regard to the régime bimodal that characterizes the study area.

INTRODUCCIÓN

Las hormigas arrieras pertenecen a un grupo de insectos (tribu *Attini*) de poco más de 190 especies en el continente americano (son endémicas de este territorio), con una gran habilidad adaptativa desarrollada en el cultivo de un hongo que les ha servido como sustento básico durante 50 millones de años de evolución, estableciendo así una simbiosis compleja entre dos organismos interdependientes (Hölldobler y Wilson 1990, Diamond 1998, Mueller *et al.* 1998). Según el Instituto Alexander von Humboldt (2000) y Hölldobler y Wilson (1990), las hormigas arrieras tienen una gran importancia ecológica, principalmente en los bosques tropicales donde consumen entre el 12 y el 17% de las hojas producidas en el mismo, convirtiéndose en el mayor y más importante herbívoro del neotrópico. Es, por tanto, reconocido por los entomólogos como el mayor defoliador del trópico.

Sin embargo, pese a la importancia de este grupo, en la actualidad, algunas especies se han convertido en signo de preocupación para muchos, especialmente para los agricultores, ya que acaban con cultivos y plantas ornamentales, ocasionando pérdidas incalculables en la economía y bienes de las personas. Su permanente actuación en ecosistemas forestales, agrícolas y pecuarios ha llevado a que se le denomine ‘plaga de importancia económica’.

En la medida en que las áreas naturales son reemplazadas por actividades agropecuarias o por el proceso de urbanización, la diversidad de flora y fauna va disminuyendo, y entre éstas, los depredadores naturales de las hormigas arrieras (pequeños mamíferos, algunas aves e insectos, e inclusive plantas repelentes), incrementando así las poblaciones de hormigas, y facilitando su ataque a frutales, yuca, café, pastos, cacao, plantaciones forestales, etc. Esto puede evidenciarse claramente en algunos ecosistemas alterados como los bosques secos tropicales, donde este grupo de insectos aprovecha el impacto de la perturbación antrópica, favoreciendo el crecimiento espacial de las colonias, cantidad de nidos por hectárea y obtención de alimento.

En bosques secos tropicales, esta situación se agrava más debido a la falta de investigación y procesos de educación ambiental en las comunidades afectadas por el forrajeo intensivo de la hormiga arriera. A la par, son escasos los estudios que dan referencia sobre las características de los hábitos alimentarios de la arriera en el bosque seco tropical, y aún más, aquellos que socializan sus resultados con todo tipo de actores (la comunidad afectada, instituciones

educativas, instituciones de investigación, entidades oficiales, etc.). Para dar respuesta a estos problemas, es necesario realizar estudios que proporcionen conocimientos de cuáles son los hábitos alimentarios de la hormiga arriera en ecosistemas primarios y alterados, ya que con ello se pueden obtener indicios del impacto que podrían generar las arrieras sobre diferentes tipos de ambiente, con el fin de establecer métodos de control ambientalmente sostenibles.

En el presente trabajo de investigación se evaluaron algunos aspectos de la dinámica de forrajeo y preferencias alimentarias de las hormigas arrieras, ubicando en un mapa a mano alzada la distribución de nidos de *A. cephalotes*, estimando distancias de forrajeo promedio y máximas para cada colonia, identificando las especies vegetales consumidas, comparando el número de especies forrajeadas y las distancias recorridas en relación con el tamaño de los hormigueros, determinando la biomasa vegetal seca transportada al interior de los nidos, y estableciendo la relación existente entre las características de la actividad de forrajeo con respecto al factor clima (régimen bimodal).

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La escasa información que se tiene sobre el comportamiento alimentario de la hormiga arriera en el Valle del Cauca, ha sido un limitante para generar pautas referentes a la propuesta de métodos alternativos de control ambientalmente sustentables para la especie y el medio. Teniendo en cuenta que la hormiga arriera es considerada perjudicial en ambientes altamente alterados por el hombre (i.e. monocultivos), es necesario responder al siguiente interrogante:

¿Cuál es la dinámica de forrajeo y la preferencia alimentaria de la hormiga arriera en el medio natural del Jardín Botánico de Cali (JBC), un relicto de bosque seco tropical producto de la regeneración natural desde hace 80 años?

2. ANTECEDENTES

La hormiga arriera ha sido ampliamente estudiada y admirada durante décadas en el ámbito científico. Sin embargo, pese a la variedad de investigaciones y artículos existentes, sólo se consideran los documentos realizados por Stevens (1983), Hölldobler y Wilson (1990) y Schultz (1993), en los que tratan una generalidad de la especie, la división social (o castas), su relación con el hongo simbionte y en especial el proceso de reproducción de la reina en el vuelo nupcial. Klaus (1993) presenta algunas generalidades de las hormigas y los diferentes grupos taxonómicos en que se dividen, dentro de los cuales están las hormigas arrieras, en la llamada tribu *Attini*. Acerca de la distribución, densidad y dispersión de los nidos de *Atta*, se tienen los trabajos realizados por Rockwood (1973) y Jaffe y Vilela (1989).

Para la identificación de especies del género *Atta*, Mackay y Mackay (1986) proponen una serie de claves basadas en la fisonomía de los soldados, obreras (medianas y pequeñas), reinas y machos alados, y presentan mapas de distribución y notas sobre la biología de cada uno de los géneros de hormigas que ocurren en Colombia. Además, se cuenta con información específica acerca de las características del hongo y la bacteria que tienen relación con las hormigas arrieras (Müller, 2002; Hart *et al.*, 2002; Curie *et al.*, 1999; Schultz, 1999).

Sobre la actividad de forrajeo de las *Atta* en bhT, bsT y pastizales, entre otros, se encuentran las investigaciones de Wirth *et al.* (1997), Cherrett (1992) y Vasconcelos y Fowler (1990). Por otro lado, el área de forrajeo, las distancias de transporte de material y la selección alimentaria ha sido documentada por Cherrett (1983), Rockwood (1976), Giraldo y Vanegas (2002) y Wirth *et al.* (1997).

De acuerdo a los resultados de varios estudios, algunos investigadores han comprobado la teoría referente a la relación entre las características bioquímicas y la selección alimentaria de las hormigas arrieras del género *Atta*, tal como Howard (1988) y Giraldo y Vanegas (2002). Wirth *et al.* (1997), Cherrett (1992) y Vasconcelos y Fowler (1990) han trabajado sobre el nexo existente entre los factores del clima y la actividad de forrajeo de la hormiga arriera en diferentes tipos de ambientes naturales.

3. OBJETIVOS

Objetivo General

Caracterizar los hábitos alimentarios de las hormigas arrieras en el bosque seco tropical presente en el Jardín Botánico de la ciudad de Santiago de Cali.

Objetivos Específicos

- ◇ Ubicar e identificar las colonias de hormiga arriera en el bosque seco tropical del Jardín Botánico de Cali.
- ◇ Caracterizar y cuantificar la dinámica de forrajeo de las colonias de hormiga arriera encontradas en el Jardín Botánico de Cali.
- ◇ Determinar las preferencias alimentarias y la biomasa vegetal consumida por las hormigas arrieras en el Jardín Botánico de Cali.

4. JUSTIFICACIÓN

La hormiga arriera (del género *Atta*) es reconocida por la comunidad científica como el mayor herbívoro de los bosques del continente americano, debido a que moviliza hasta un 17% del follaje producido por la vegetación. Dentro de los beneficios de la actividad de forrajeo de las *Atta*, se encuentran la movilización de nutrientes desde las plantas hasta el suelo, la acumulación de materia orgánica y algunas modificaciones en el sustrato (porosidad, textura y densidad), facilitando la aireación e infiltración de agua en el suelo.

Habitualmente se considera a las hormigas arrieras como herbívoros generalistas, es decir, que consumen una gran cantidad de vegetación. No obstante, algunos investigadores han encontrado que las *Atta* pueden ser especialistas en determinados tipos de especies de plantas, ya que el forrajeo no es uniforme para toda la vegetación. Los hábitos alimentarios de las hormigas arrieras en bosques húmedos tropicales (bhT) y pastizales han sido bien documentados, más no se presenta la misma situación para los bosques secos tropicales (bsT), en donde la investigación y la socialización de los trabajos no han sido suficientemente desarrolladas. La falta de estudios sobre la dinámica de forrajeo y las preferencias alimentarias de las *Atta* en bsT, y en especial en el Valle del Cauca, es un obstáculo para la propuesta de nuevos métodos alternativos de control, basados en los aspectos bioquímicos de la vegetación que es o no es forrajada por las colonias de hormiga arriera. En este sentido, es necesaria la generación de conocimiento sobre los hábitos alimentarios de las *Atta*, con el fin de diseñar métodos de control más eficientes y económicos, y complementar procesos de educación ambiental en algunas instituciones.

Frente a esta situación, adquiere relevancia la vocación multidisciplinaria del Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, como investigador y artífice de procesos educativos que busquen ampliar el conocimiento y sensibilizar sobre la importancia de la diversidad en todas sus expresiones. Por tal motivo, el presente estudio brinda un acercamiento a la actividad de forrajeo de las hormigas arrieras (características de los nidos, distancias de transporte de material, selección de especies vegetales y biomasa consumida), en un predio de 12 Has de bsT pertenecientes al Jardín Botánico de Cali. Por otro lado, el presente trabajo abre las puertas a otras investigaciones sobre el forrajeo de la hormiga arriera y propende la consolidación de un grupo multidisciplinario de estudios acerca de la diversidad de los bsT.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 LAS HORMIGAS SON INSECTOS SOCIALES

La sociedad de las hormigas es el resultado de 80 millones de años de evolución (Córdoba, 2003), lo cual le ha permitido a esta especie llegar a un nivel de adaptación, tal como se puede ver con tan sólo adentrarse un poco en la vida y hábitos de este grupo de insectos que, para los entomólogos, resulta por demás fascinante. Las hormigas, en general, pertenecen a un grupo que los especialistas en comportamiento de los insectos clasifican como Eusociales (insectos sociales), dentro de los cuales se encuentran también las termitas (el primero en desarrollarlo), las abejas (con un comportamiento más elaborado) y algunas avispas (Tejada, 2003^{*}).

Tal como explica Tejada (2003), los insectos sociales se caracterizan por su sociedad conformada por grupos de individuos que comparten un lugar (hormiguero, termitero, colmena), en el que coexisten individuos de diferentes grupos sociales (castas: obreras, soldados, reinas, machos), con diferentes actividades y edades. De allí, la constante comparación que los entomólogos hacen de los insectos (sociales) con la sociedad humana.

Las hormigas se encuentran entre los grupos más exitosos de los insectos sociales, ya que agrupan en sí alrededor de unas diez mil especies (Tejada, 2003). Según Jaffé (1993), las hormigas (familia Formicidae) contienen al menos 8 subfamilias, cerca de 350 géneros y entre 9.000 y 20.000 especies en el mundo. En las selvas tropicales lluviosas son símbolo de biodiversidad, además que en estos ecosistemas son los insectos herbívoros que consumen el mayor volumen de plantas, y si a éstos se les agregan las abejas y avispas, llegan a formar alrededor de las tres cuartas partes de la biomasa constituida por los insectos (Hölldobler y Wilson, 1990).

Tras muchos años de evolución, las hormigas han desarrollado características que le han permitido tener un éxito como sociedad, permitiéndoles ir más allá que otros grupos. Entre estas adaptaciones se encuentra su habilidad de vivir en hábitats alterados por fenómenos naturales o el hombre; un ejemplo es la hormiga de

^{*} Fecha de acuerdo al año de consulta del documento.

fuego (*Solenopsis invicta*), la cual fue introducida hace unas décadas accidentalmente en el sur de los Estados Unidos, en estados como Texas, en donde ha vivido en ausencia de sus enemigos naturales presentes en América del Sur. Debido a su alta capacidad reproductora, a ser una especie exótica, y la capacidad de los adultos alados de viajar grandes distancias, este insecto tiene una gran ventaja competitiva que le ha permitido eliminar a otras especies y constituirse en una gran amenaza para los agricultores. Otra de las adaptaciones que algunas hormigas han desarrollado es la que les permite sobrevivir horas y hasta días sumergidas en el agua, mientras que otras han ido aún más allá al resistir radiaciones y transportar material radioactivo (Tejada, 2003).

5.2 LOS DIVERSOS GRUPOS DE HORMIGAS Y LAS *Attini* (CULTIVADORAS DE HONGO)

Jaffé (1993) menciona que en el neotrópico (entre 40º de latitud Norte y 44º de latitud Sur, aproximadamente) se encuentran unos 150 de los 350 géneros de hormigas descritos en el mundo, de los cuales unos 65 son endémicos. Las hormigas cultivadoras de hongo se encuentran dentro de la Subfamilia Myrmicinae, Tribu Attini, con alrededor de doce géneros endémicos del Nuevo Mundo: *Myrmicocrypta*, *Mycocepurus*, *Sericomyrmex*, *Apterostigma*, *Cyphomyrmex*, *Mycetarotes*, *Mycetosoritis*, *Mycetophylax*, *Trachymyrmex*, *Atta*, *Acromyrmex* y *Pseudoatta*.

En Colombia se encuentran ampliamente distribuidos cuatro de las quince especies del género *Atta* (Espinosa, 2003[†], y CVC, 2001). Según Mejía (2001), son las siguientes: *A. cephalotes*, *A. colombica*, *A. laevigata*, y *A. sexdens*. En el Valle del Cauca, la primera especie es la que tiene la distribución más amplia. Dentro del género *Acromyrmex*, en Colombia se encuentran registros de hasta 9 especies de las 24 existentes en el mundo (Rodas, 1998).

Tras más de 50 millones de años de evolución, la tribu de las *Attini* es la que agrupa la totalidad de las hormigas cultivadoras de hongos (con excepción de un género no relacionado directamente con este grupo) con más de 190 especies, presentando variaciones en cuanto al tamaño de la colonia y la provisión de alimentos que recolectan para cultivo del hongo asociado. Algunos entomólogos dividen la tribu en *Attini* superiores y *Attini* inferiores (Schultz y Meier 1995, Wetterer *et al* 1998, citados en la página Web “The Attini”).

5.2.1 Hormigas cultivadoras de hongo Inferiores. Estas hormigas generalmente tienen pequeños hormigueros, con cientos de obreras. El cultivo del hongo

[†] Fecha de acuerdo al año de consulta del documento.

simbionte se realiza en una variedad de materiales, tales como hierba, excrementos de otros insectos e insectos muertos. Sus hormigueros usualmente son pequeños y con una construcción simple, con un menudo cultivo de hongo en el suelo. Entre éstas se encuentran los géneros *Myrmicocrypta*, *Mycocepurus*, *Apterostigma*, *Mycetarotes*, *Mycetosoritis*, *Cyphomyrmex*, *Mycetophylax*.

5.2.2 Hormigas cultivadoras de hongo Superiores. A estas pertenecen las hormigas arrieras o cortadoras de hojas, las cuales cultivan el hongo simbionte sobre material vegetal, y en algunas especies sobre excrementos de insectos. Sus complejos hormigueros son muy grandes con miles y hasta millones de obreras. Se encuentran normalmente contruidos como una serie de túneles unidos a gran cantidad de cámaras con cultivos de hongo. A este grupo corresponden los géneros *Trachymyrmex*, *Sericomyrmex*, *Acromyrmex* y *Atta*.

Las hormigas arrieras pertenecientes al grupo de las *Attini* superiores, son el objeto de estudio del presente trabajo de investigación.

5.3 LAS HORMIGAS CORTADORAS DE HOJAS (ARRIERAS)

Las hormigas arrieras están agrupadas en los géneros *Acromyrmex* y *Atta*, las cuales muestran el más fascinante desarrollo evolutivo de las hormigas, y en especial de las *Attini* superiores. Estos insectos cultivan su hongo simbionte en fragmentos de hojas cortados de vegetación arbórea y arbustiva (algunas especies recolectan pastos y otras plantas de cultivo), sin importar los trayectos a largas distancias.

Las hormigas arrieras son conocidas con diferentes nombres en América, tales como: *Wiwi* en Nicaragua y Belice, las *bibijagua* en Cuba, *hormiga arriera* en México y Colombia, las *bachac* en Trinidad, las *bachaco* en Venezuela, las *saúva* en Brasil, las *cushi* en la Guyana, las *coquí* en Perú y las *Leaf-cutter* o *Parasol ant* en la mayor parte de países de habla inglesa y americana (Hölldobler y Wilson, 1990).

Según Hölldobler y Wilson (1990) y Orejuela (2002), las hormigas arrieras son los herbívoros dominantes del neotrópico, ya que consumen mayor cantidad de vegetación que cualquier otro grupo de animales (comparándolo taxonómicamente) incluyendo los mamíferos. Las hormigas cortadoras de hojas desempeñan un gran papel desde el punto de vista ecológico ya que en su actividad defoliadora, consumen entre el 12 % y el 17 % de la producción de hojas en el bosque húmedo

tropical (Instituto Alexander von Humboldt, 2000). Según Orejuela (2002), las hormigas arrieras desempeñan un papel fundamental en el ecosistema ya que trasladan gran cantidad de nutrientes al suelo contenidos en la vegetación, y así promueven la acumulación de materia orgánica, además de producir algunas modificaciones benéficas en la porosidad, textura y densidad del suelo, generando facilidad de aireación e infiltración del agua en éste (Mejía, 2001).

Por tal razón, es un error considerar que las hormigas arrieras son una gran plaga devastadora, o como lo menciona Hölldobler y Wilson (1990) “*el inflexible enemigo de la humanidad*”. Durante millones de años de coevolución en su ambiente natural, las *Attini* se han convertido en una parte integral de los ecosistemas tropicales del Nuevo Mundo y de las zonas templadas. Estos insectos reemplazan las poblaciones de mamíferos herbívoros del Viejo Mundo, defolian la vegetación, estimulan el crecimiento de nuevas plantas, hacen circular material vegetal al suelo rápidamente, y enriquecen el mismo (Hölldobler y Wilson, 1990). Además, promueven el crecimiento y desarrollo acelerado de las plantas que les proveen hojas, generan resistencia y defensas en la vegetación (Orejuela, 2002).

A continuación se presenta una breve explicación de los dos géneros que conforman las denominadas hormigas arrieras (tomado de la página Web “The Attini”):

- 5.3.1 El género *Acromyrmex*. Las hormigas de este género poseen hormigueros maduros con miles de obreras. El hongo usualmente ocupa un volumen de unos pocos litros, ubicado dentro de una gran cámara o en muchas cavidades pequeñas.

Las obreras cortan las hojas de forma individual y la llevan al hormiguero por trayectos claramente definidos (en colonias maduras). En este género sólo existen 3 castas de obreras: pequeñas, medianas y grandes. No poseen la casta de los soldados.

- 5.3.2 El género *Atta*. Existen 15 especies en el mundo, las cuales varían en los tamaños de las colonias y en la estructura social. Algunas especies pueden llegar a tener varios millones de obreras y sus hormigueros pueden ocupar una porción considerable de metros cúbicos de tierra.

Las cuatro especies que habitan en Colombia son las que usualmente se conocen como hormigas arrieras, y son motivo de admiración y majestuosidad para unos (generalmente entomólogos y personas interesadas en biodiversidad), a la vez que son aborrecidas y pormenorizadas por otros (quienes se encuentran en conflicto diario y en competencia por cultivos, actividades ganaderas y ornamentales).

5.4 GENERALIDADES DE LA HORMIGA ARRIERA (*Atta cephalotes*)

- 5.4.1 El Hormiguero. La hormiga arriera del género *Atta* construye grandes hormigueros, que en ocasiones pueden alcanzar entre 700 y 1.000 m². Están conformados por cámaras, algunas de ellas son utilizadas para el cultivo del hongo simbiote. Otras son destinadas como basureros donde depositan no sólo basuras y desechos, sino también los cadáveres de las mismas. Estas cámaras están comunicadas entre sí por innumerables galerías con profundidades entre cuatro y cinco metros.

En el interior de las cámaras para cultivo del hongo utilizan las hojas para formar una masa sobre la cual siembran el hongo asociado, el cual produce unos cuerpos de forma cilíndrica en cuyo extremo son globosos (Rodas, 1998). Estos cuerpos son utilizados para la alimentación de la reina y de las larvas y pupas en su proceso de desarrollo. Las obreras poseen un aparato bucal masticador con adaptaciones para lamer y tomar líquidos, por lo cual se alimentan de la savia de las plantas que les sirven de sustento para el cultivo del hongo. Según Córdoba (2003), se pueden diferenciar claramente tres tipos de bocas al exterior del hormiguero:

Bocas de forrajeo: orificio por el cual las obreras transitan desde el interior al exterior (y viceversa) en el proceso de recolección y defoliación de la vegetación aledaña. A estas bocas se llegan mediante caminos de forrajeo y se encuentran normalmente fuera del área de conglomerado central del hormiguero.

Bocas de extracción de tierra: orificio por el cual las obreras sacan la tierra producto de la construcción de cámaras y canales. Este sitio se puede identificar fácilmente por su forma en cono. Se ubican dentro del área del conglomerado central.

Bocas de aireación: sitios que permiten la circulación de aire y ventilación del hormiguero. Están ubicadas en el área del conglomerado central (Rodas, 1998).

- 5.4.2 Densidad de los nidos. La densidad de nidos de *Atta* en algunos bosques tropicales y subtropicales puede ser menor de uno, o alcanzar hasta tres colonias por hectárea (Cherrett 1992 y Rockwood 1973, citados por Jaffé y Vilela, 1989).

La densidad de nidos de *Atta* disminuye fuertemente en bosques sin disturbar. Jaffé y Vilela (1989) argumentan tres posibles explicaciones para este hecho: 1) A pesar de que la disponibilidad de biomasa vegetal en un

bosque tropical es aparentemente ilimitada, la biomasa disponible es muy baja, debido a la efectividad de los mecanismos de defensa de las plantas y la alta dispersión de vegetación palatable. 2) La diversidad de plantas en un bosque neotropical sin perturbar es tan grande que las especies de *Atta spp.* son incapaces de reconocer todas las toxinas en el material vegetal, incrementando la posibilidad de envenenar el cultivo del hongo y reduciendo la población de hormigas. 3) Los sitios para nidificar son el tercer limitante, ya que las colonias de arriera necesitan cierto grado de intensidad lumínica para construir sus nidos. Las hormigas son incapaces de armar claros dentro del bosque, por lo que dependen de la formación natural de éstos o de la intervención humana relacionada con la extracción de cobertura boscosa.

Por otro lado, Wilson (1971) citado por Rockwood (1973), asegura que son dos los mecanismos que influyen en el esparcimiento de colonias de arrieras: 1) destrucción de reinas y nidos nuevos por parte de colonias maduras localizadas dentro del mismo territorio; y 2) combates territoriales entre colonias maduras de la misma especie o de especies relacionadas. Sin embargo, Rockwood (1973) propone un tercer mecanismo que consiste en la relocalización del nido como resultado de una competencia intraespecífica o de otros factores ambientales.

- 5.4.3 Caminos de forrajeo y territorialidad. Los caminos de diferentes colonias no coinciden (no tienen una parte en común), presumiblemente porque durante su construcción las hormigas de diferentes colonias simplemente se evitan mutuamente para no estar combatiendo. Estos caminos son la base estructural de un sistema dispersor y territorial (Lewis *et al.* 1974, citado por Giraldo y Vanegas 2002).

La agresión intraespecífica es común tanto en *A. colombica* como en *A. cephalotes*. Rockwood (1973) observó colonias de *A. colombica* trasladándose a otros lugares, relocalizando sus nidos y transportando huevos, larvas, pupas y fragmentos de hongo en sus mandíbulas; esto buscando mejores condiciones por perturbación de los hormigueros.

- 5.4.4 Organización Social. Dos importantes castas conforman las colonias de las hormigas arrieras, cuyos individuos desempeñan funciones muy específicas de acuerdo a su desarrollo y condición física:

Permanentes (hormigas ápteras): Esta casta esta compuesta las obreras y una Reina; hembra fértil, única en la colonia, su función es la de producir individuos idóneos para cada una de las actividades que se han de

desarrollar en el hormiguero. El tiempo de duración de una reina de *Atta* es de 10 a 15 años aproximadamente y puede poner un millón de huevos por año (Rodas, 1998). La reina es el individuo de mayor tamaño en la colonia, para la especie *A. cephalotes*, ésta llega a medir entre 2.3 a 2.5 cm de longitud (Molano, 1996). Algunos trabajos de observación han indicado que en hormigueros de gran tamaño pueden existir más de una reina reproductiva.

Las obreras, son hembras estériles, consideradas como el grupo poblacional más grande de una colonia. Existen varios autores que clasifican a las obreras en cuatro castas (Molano 1996; CVC – Alcaldía de Santiago de Cali 2001), sin embargo se ha visto que en colonias maduras de varios años de desarrollo pueden existir hasta siete castas distintas. No obstante, según la función que realizan se dividen en:

- ☑ **Cortadoras y Cargadoras**, como sus nombres lo indican, estos individuos se encargan del corte y acarreo del material vegetal al hormiguero, son de tamaño medio con una longitud de 0.7 a 0.9 cm en *Atta cephalotes* y puede observársele desarrollando otras funciones dentro del hormiguero (Rodas, 1998).
- ☑ **Escoteras**, a estas pequeñas hormigas de 0.3 a 0.4 cm de longitud, se les atribuyen funciones de limpieza del material vegetal mientras es transportado al hormiguero. Además cumple la función de alertar a la cargadora acerca de la presencia de enemigos naturales (Rodas, 1998). Si se presta un poco más de atención a las grandes hormigas obreras cargadoras, se podrá observar que se encuentran usualmente acompañadas de otras más pequeñas, cuyo trabajo es defenderlas de moscas parásitas que depositan sus huevos en los cuellos de las cargadoras y que si se llegan introducirse al nido, pueden atacar a las larvas para alimentarse de ellas.
- ☑ **Soldados**, individuos que miden entre 1.3 y 1.4 cm de longitud, se diferencian de los demás por tener una cabeza prominente y unas fuertes mandíbulas diseñadas para contrarrestar el ataque de cualquier intruso en el hormiguero. Cuando por cualquier medio se altera un hormiguero, son los primeros individuos que salen de él a defenderlo (Rodas, 1998). Cada soldado se encuentra separado del otro entre 60 cm y 1 m a lo largo de todo un trayecto o camino que hayan adecuado las obreras.
- ☑ **Jardineras**, desempeñan múltiples funciones que van desde la limpieza de las cámaras, preparación del material vegetal para el cultivo del jardín del hongo, alimentación de larvas, protección de huevos, larvas y

pupas, y del cuidado y protección de la reina. Son hormigas muy pequeñas llegando a medir máximo 0.3 cm de longitud (Rodas, 1998).

A continuación se presenta la Tabla 1, que muestra el ciclo de vida de una hormiga cargadora:

Tabla 1. Ciclo de vida de una hormiga obrera (cargadora). Investigación de Forti *et al.* (1987) citado por Madrigal y Yepes (1997) dentro del documento de Rodas (1998).

ESTADO	DURACIÓN (DIAS)
Incubación	25
Larva	22
Pupa	10
Longevidad Máxima del Adulto	120

Temporales (hormigas aladas): Conforman esta casta las hembras vírgenes y machos alados, los cuales se encargarán de perpetuar la especie fundando nuevos hormigueros. Normalmente salen al vuelo nupcial al inicio de la época de lluvias, el apareamiento se realiza durante el vuelo (Rodas, 1998).

5.4.5 Reproducción. Las hormigas se reproducen sexualmente mediante la cópula del macho y la hembra durante el vuelo nupcial. Se sabe que en cierta época del año, generalmente al comenzar las lluvias y en la oscuridad de la noche, se realiza el apareamiento entre seis a diez machos (para *Atta cephalotes*) provenientes de diferentes hormigueros copulan con una hembra. A partir de allí se inicia la formación de un nuevo hormiguero. Es decir, la reina inseminada se enclaustra y empieza a criar sus primeras obreras (sin participación del macho). Cada reina recibe 20 millones de espermatozoides y los almacena en su espermateca. Allí permanecerán inactivos durante toda la vida de la reina, luego estos espermatozoides serán desembolsados uno a uno para fecundar los nuevos individuos de la colonia (Hölldobler y Wilson 1990, y CVC – Alcaldía de Santiago de Cali 2001).

Durante toda su vida, una reina de hormigas arrieras puede llegar a producir hasta 1 millón de huevos por año, de los cuales gran parte se desarrolla en obreras, reinas vírgenes y machos alados (zánganos). Una porción de los huevos que pone la reina son para consumo de la misma (como fuente de alimento) (Hölldobler y Wilson, 1990).

- 5.4.6 Nacimiento de una colonia. Stevens (1983) comenta que después que una reina es fecundada en el vuelo nupcial, regresa a tierra y comienza a buscar un lugar propicio para iniciar su colonia. La mortalidad en esta etapa es al menos del 90%.

Una vez encontrado el lugar apropiado, la futura reina se desprende las alas (que le servirán de alimento) y con sus mandíbulas y patas comienza a cavar una galería que puede llegar a tener una profundidad de 12 a 15 cm. Al final construye una pequeña cámara de 6 cm de diámetro, luego sella la entrada del nido, se instala en ella, comienza a cultivar el hongo traído desde el hormiguero de origen y coloca los primeros huevos (CVC – Alcaldía de Santiago de Cali, 2001).

La reina permanece las próximas cuatro o cinco semanas sin alimento o agua. Después de 40 a 60 días, salen las primeras obreras, quienes se encargan de comenzar a alimentar a la reina. Cuando la población a aumentado, las cortadoras se abren camino hacia arriba, utilizando el canal inicial y una vez fuera del hormiguero empiezan a forrajear (corte y transporte de pedacitos de hoja) hasta la cámara para cultivar el hongo.

5.5 SIMBIOSIS DE CUATRO REINOS DE LA NATURALEZA: HORMIGA ARRIERA (R. ANIMAL), HONGO ASOCIADO (R. MYCOTA), BACTERIA (R. MÓNERA) Y VEGETACIÓN (R. VEGETAL)

- 5.5.1 El hongo. Durante décadas surgieron varias hipótesis que buscaban dar respuesta al por qué del comportamiento herbívoro de las hormigas arrieras. Algunos científicos argumentaban que los pedazos de hojas eran utilizados para cubrir las entradas de las viviendas subterráneas de dichas hormigas, evitando de esta manera que se inundaran en épocas de lluvia. Otros estudiosos del tema, afirmaban que los restos del material vegetal servían de alimento o se usaban para mantener constante la temperatura de los nidos (Espinoza, 2003).

Finalmente, el investigador Thomas Belt, después de un seguimiento minucioso de estos insectos, descubrió que los pedazos de hojas que cargaban las arrieras, servían para elaborar una masa café y esponjada en

el interior de los nidos, sobre la cual crecía en todas las direcciones un hongo blanco y ramificado, que servía de alimento a las larvas de las *Atta*. Las obreras y la reina también se alimentan del hongo aunque en menor proporción (Fernández, 2003[‡]).

Al parecer, cada especie de hormiga arriera cultiva un tipo particular de hongo. Esto lo demuestran algunos estudios realizados por Mueller *et al* (1998) para determinar el origen del hongo con diferentes hormigas de la tribu *Attini*. El resultado de dicha investigación mostró que dichos microorganismos pertenecen a la Tribu *Leucocoprinini* (Basidiomycotina: Agaricales: Lepiotaceae). Según Molano (1996), algunas de las especies de este hongo simbiote son:

- ☑ *Rozites (Pholiata) gongylophora*
- ☑ *Lepiota gongylophora*
- ☑ *Leucocoprinus gongylophorus*
- ☑ *Attamyces bromatificus*

5.5.2 Actividad de forrajeo. Según Rockwood (1972) citado por éste mismo (1973) y Cherrett (1992), *Atta colombica* corta hojas de una amplia variedad de plantas a una tasa alta y es básicamente diurna, mientras que *A. cephalotes* es principalmente nocturna.

En Trinidad, *A. cephalotes* usualmente inicia su actividad de forrajeo en la noche y está en plena marcha después de dos horas. Esta labor la realizan en un promedio de 7.5 horas en el día o 12 horas en la noche. Frecuentemente los recorridos no son sincronizados entre diferentes nidos y aún entre diferentes caminos del mismo nido; quizás debido a comportamientos de localización del alimento (Lewis *et al.* 1974, citado por Giraldo y Vanegas, 2002).

En *A. cephalotes* las cortadoras diurnas son de un tamaño menor que las que laboran en la noche, y esto posiblemente está asociado con problemas de deshidratación para individuos de mayor tamaño o por evitar la acción de depredadores o parasitoides. Además, este hábito varía con la época, siendo nocturno en tiempo seco y diurno en tiempo lluvioso (Wetterer 1990, citado por Giraldo y Vanegas 2002).

En este sentido, la heterogeneidad espacial y temporal en las zonas de forrajeo dentro del territorio de una colonia, puede producir cambios en la dirección y uso de los caminos de forrajeo, generando como consecuencia, una defoliación parcial de los árboles debido al abandono temporal de los

[‡] Fecha de acuerdo al año de consulta del documento.

caminos y al establecimiento de nuevos senderos (Farji y Sierra, 1993).

- 5.5.3 Distancias de forrajeo y transporte de material vegetal. Hölldobler y Wilson (1994) afirman que colonias maduras de arrieras pueden llegar a tener entre 5 a 8 millones de obreras y más de mil jardines de hongo. No obstante, para mantener estas grandes colonias, las cortadoras deben buscar y coleccionar continuamente plantas. Para esto, las obreras adecuan caminos de forrajeo que les facilitan la circulación del material vegetal. Según Fowler y Stiles (1980), Vilela y Howse (1986) y Hölldobler y Lumsden (1980) citados por Farji y Sierra (1993), dichos caminos probablemente puedan tener una función defensiva en la protección de las zonas de forrajeo frente a posibles competidores. Aunque también ayudan en la recolección y almacenamiento de información sobre la disponibilidad real de recurso vegetal para su uso futuro (Vasconcelos y Fowler 1990).

Según Rockwood (1976), un análisis de la distancia de la planta al nido versus la cantidad colectada, mostró que las especies de plantas aceptables cercanas al nido, tienen una gran probabilidad de ser visitadas por las hormigas, pero no necesariamente sufren más defoliación que las otras plantas que están a una distancia de 50-60 metros del nido. La cantidad de material colectado decrece enormemente para plantas más allá de 60-80 m del nido. Así, las colonias de *Atta* normalmente no concentran sus esfuerzos en plantas cercanas al nido, pero el forrajeo tampoco puede ser descrito como uniformemente distribuido.

La relación entre la selección de la planta hospedera por *Atta* y la distancia de esas plantas hasta el nido es un complejo (Rockwood, 1976). Las colonias de *Atta* pueden seleccionar los más cercanos hospederos individuales, o como lo ha sugerido Cherrett (1968) citado por Rockwood (1976), pueden visitar plantas a lo largo de todo su rango de forrajeo, así como no sobreexplotar y dañar esas plantas cercanas al nido (forrajeo conservacionista).

Con respecto a la fuentes palatables que las colonias de *Atta* seleccionan, Rockwood (1976), anota lo siguiente: 1) El componente primario del forrajeo, indiferente de la distancia, es el escoger ciertos tipos de plantas (hojas nuevas, partes florales y hojas maduras de ciertas especies de plantas); 2) El forrajeo entre colonias muestra un patrón no consistente en cantidad cortada hasta 60-80 m del nido; 3) Las hormigas no necesariamente cortan grandes cantidades de las especies más cercanas, y en particular de las especies de árboles palatables; 4) Las colonias de *A. cephalotes* visitaron, al menos una vez en el periodo de observación, una gran porción de todos los árboles ubicados dentro de los primeros 50 m del nido.

Aún usando promedios anuales, los cuales enmascaran las variaciones estacionales de forrajeo en la mayor parte de las categorías de distancia, el único patrón que surge es ese reducido forrajeo que ocurre a distancias mayores de 80 m en *A. colombica* y mayores de 60 m en *A. cephalotes*. La máxima distancia registrada que una colonia recorre para cortar vegetación es de 140 m. y 105 m. para *A. colombica* y *A. cephalotes*, respectivamente (Rockwood, 1976). Fowler y Robinson (1979) citado por Giraldo y Vanegas (2002), afirman que las dimensiones de los nidos están significativamente correlacionadas con las distancias de forrajeo para varias especies de hormigas cortadoras.

Una obrera de *Atta* soporta hasta trece veces su peso (10 mg) totalizando 130 mg de material. Puede realizar trece jornadas de carga en diez horas diarias de trabajo, a una velocidad de 0.9-1.1 m/min., para un total de 1690 mg de material cargado y puede llegar a vivir cerca de 120 días. En caso de que trabajase todos los días de su vida, cargaría 202.8 g. de hojas, que representan cerca del 2.25% del peso total de las hojas de un *Eucalyptus grandis* con cuatro años de edad (9 Kg) (Mendes Filho, 1981, citado por Giraldo y Vanegas, 2002).

De acuerdo con Bergner *et al.* (1997) citado por Giraldo y Vanegas (2002), las especies de *Atta* no colectan hojas cuando está lloviendo, por una serie de razones: la adición de gotas de lluvia puede hacer el material significativamente más pesado y podría hacer la carga inmanejable. Como un resultado, la eficiencia en transporte de las hormigas puede disminuir con un incremento en gastos metabólicos, reduciendo de esa forma el rendimiento de energía promedio en la colonia.

Burd (1996) afirma que el tamaño de los fragmentos de hoja cortados y transportados por hormigas cortadoras afecta el tiempo y los costos de suministro de energía para los jardines de hongo de las colonias. Cortos periodos para regresar al nido (y por lo tanto cargas de poco peso) pueden favorecer para reducir la pérdida de humedad en los fragmentos y el tiempo de exposición al ataque de parasitoides, o para mejorar la transferencia de información a compañeras de nido.

- 5.5.4 Selección del material alimenticio. El mecanismo utilizado por las hormigas arrieras para la recolección de biomasa vegetal incluye la habilidad para medir la concentración de feromonas en un camino de forrajeo, de acuerdo a la atracción del recurso (Jaffé y Howse 1979). Un camino que parezca más o menos continuo puede tener un nivel alto de concentración de feromonas, y las hormigas pueden ser capaces de detectar la concentración de dichas sustancias en vez de la continuidad del camino por sí sólo (Hangartner 1969, citado por Jaffe y Howse 1979). Las obreras son

muy selectivas en la vegetación que recolectan. Cuando una exploradora localiza una hoja muy deseable, orienta a las demás que están en las inmediaciones para que se unan a ella. Las vibraciones producidas en el órgano estridulador pasan hacia adelante a través del cuerpo de la hormiga y a la superficie de la hoja a través de su cabeza, y son captadas por las otras obreras a distancias de hasta 15 centímetros. Cuanto mayor es la calidad nutritiva de la hoja, más intensas son las vibraciones transmitidas (Hölldobler y Wilson, 1994).

Cuando una exploradora encuentra un recurso alimenticio, la decisión ya sea de reclutar o no obreras es basada en la localización, cantidad y calidad del recurso. Las exploradoras examinan además el contenido de proteína, lípidos o el contenido de azúcares simples. Si una exploradora encuentra un recurso familiar, puede reclutar obreras más rápidamente que cuando encuentra un recurso desconocido (Giraldo y Vanegas, 2002).

Las hormigas reclutadas para explotar un determinado recurso alimenticio pueden cambiar su objetivo solamente si éstas encuentran un recurso más atractivo en su camino de corte, pero no si el recurso ofrecido es igualmente o menos atractivo que aquel por el que fueron reclutadas (Jaffé y Howse, 1979).

Muchos factores han sido resaltados para explicar la alta selectividad de las hormigas cortadoras por las especies de plantas que atacan (Hubbell y Wiemer 1983, citados por Bueno *et al.* 1990):

- ☒ Sustancias atrayentes en las hojas.
- ☒ Palatabilidad y calidad nutricional de las hojas.
- ☒ Componentes secundarios repelentes o tóxicos en las hojas.
- ☒ Componentes secundarios que pueden reducir la capacidad digestiva de la hormiga o el hongo.
- ☒ Cantidad de nitrógeno (proteínas), carbohidratos y lípidos.
- ☒ Dureza de las hojas y mecanismos físicos de defensa de las plantas, tales como la densidad de los tricomas y la presencia de látex.
- ☒ Contenido de humedad en hojas.
- ☒ El sistema de caminos de forrajeo desarrollado.

- ☑ La experiencia previa de las hormigas con ciertas plantas.
- ☑ El gasto energético hacia las fuentes de forrajeo.
- ☑ Competencia intraespecífica.
- ☑ Competencia interespecífica.
- ☑ Cambios estacionales en la química de las plantas.
- ☑ Diferentes fases en la actividad forrajera de las colonias.

Esos factores no son mutuamente excluyentes y su importancia relativa en la selección de planta hospedera por las hormigas, probablemente varía de planta a planta (Hubell *et al.*, 1984, citado por Giraldo y Vanegas, 2002).

Rockwood (1976) comenta que muchas evidencias apoyan la hipótesis de que *A. cephalotes* es selectiva en términos de especies de plantas atacadas y tipo de material cortado. En estudios adelantados por este autor, de las especies de plantas presentes, del 50-57 % nunca fueron significativamente atacadas por una colonia, y para un número de especies de plantas solamente las hojas nuevas fueron aceptables. Esta especie es más selectiva, dado que hojas maduras de solo 13 de 59 posibles especies de plantas fueron fácilmente aceptables (es decir un 22%). En Costa Rica, Rockwood (1976), constató que muchas de las especies de plantas más frecuentemente atacadas son aquellas que son escasas en áreas de corte, mientras que muchas especies de plantas que son comunes, son virtualmente ignoradas por las hormigas.

Aunque los datos obtenidos por Rockwood (1976) muestran selectividad, hay variación entre colonias. Conociendo que unas especies de plantas son altamente aceptables para una colonia, pero no ampliamente visitadas por otras colonias de la misma especie de *Atta*, se plantean inquietudes acerca de la consistencia de la selección de hospedero; por ejemplo *Acacia farnesiana* fue extensivamente cortada por una colonia de *A. colombica* pero fue raramente visitada por hormigas de otras colonias.

Cherrett (1992) hace referencia a un estudio de éste mismo en el bosque Wallaba en Guyana en 1968, donde 36 de 72 especies arbóreas fueron atacadas para un total del 50% de árboles forrajeados en la zona de estudio. También menciona a Hubbell y Wiemer (1983), quienes encontraron que *A. cephalotes* cortaba hojas del 92% de las especies existentes en un bosque del Parque Nacional Santa Rosa de Costa Rica.

Según Vasconcelos y Fowler (1990), las hormigas arrieras pueden

consumir entre el 5 y el 77% de las plantas disponibles. Sin embargo, estas hormigas demuestran fuertes preferencias debido a que las especies de plantas no son equitativamente explotadas, y sólo una poca cantidad es convertida en sustrato para el hongo.

Haines (1971, 1975) y Barrer y Cherrett (1972), citados por Rockwood (1976), afirman que las hormigas de la especie *Atta* muestran preferencias por hojas de ciertas especies vegetales y por categorías de edad. El factor probablemente responsable de la selectividad en *Atta*, es la química interna del material seleccionado y las necesidades nutricionales del hongo. Las diferencias en valor nutricional, contenido de humedad y componentes secundarios del material cortado por las hormigas, factiblemente juega un papel importante en su selección.

Sin embargo, la mayoría de plantas son probablemente, ni completamente deseables para las hormigas ni totalmente impalatables. No obstante pueden darse excepciones; parece probable que en alguna ocasión cada especie de planta pase de un estado de alta palatabilidad a impalatable. El grado de palatabilidad puede cambiar estacionalmente; las hojas nuevas y suculentas de muchas especies son altamente palatables, aun cuando las hojas maduras no lo sean (Rockwood, 1976).

La razón por la que algunas plantas son sólo parcialmente defoliadas y que algunas lo son totalmente, es que sólo las hojas preferidas son cortadas por las hormigas. En árboles grandes se presentan diferencias en cuanto a condiciones de luz en el dosel, las cuales causan cambios en la estructura y contenido de las hojas. Los árboles jóvenes tienen menos variación en los nutrientes y es más probable que sean defoliados totalmente, o al menos, más que los árboles viejos y grandes (Vasconcelos, 1997 citado por Giraldo y Vanegas, 2002).

Dirzo (1987) citado por Giraldo y Vanegas (2002), afirma que *A. cephalotes*, es un gran removedor de tejido vegetal, causando defoliaciones a veces masivas a una gran variedad de árboles, arbustos y palmas. Esto es particularmente notable en las cercanías inmediatas a los nidos de la hormiga. En estas zonas se han observado defoliaciones sucesivas hasta que la planta muere en *Psychotria faxlucens*, *Faramea occidentalis*, *Omphalea oleifera*, *Eugenia sp.*, *Astrocaryum mexicanum*, *Trema micrantha* y *Acalypha skutchii*.

Los cambios temporales en la estructura de comunidades de plantas leñosas (tal como el proceso de regeneración) afectan la actividad de forrajeo de *Atta*. La variación en la abundancia de una especie vegetal preferida para las cortadoras, está fuertemente relacionada con la variación en su dieta. Por ejemplo en condiciones de bosque, Vasconcelos (1997)

citado por Giraldo y Vanegas (2002), encontró que la variación en la abundancia de la especie *Bellucia imperialis* estuvo fuertemente relacionada con el cambio en la dieta de *A. laevigata*, disminuyendo la diversidad de plantas explotadas.

Las colonias pueden ser mantenidas por años por una sola especie de planta, sugiriendo que algunas especies vegetales pueden ser un recurso alimenticio completo para las hormigas y para el hongo (Howard, 1991, citado por Giraldo y Vanegas, 2002).

Según Giraldo y Vanegas (2002), los cambios estacionales sobre diferentes tipos de material vegetal, permite a las cortadoras ser tanto oportunistas como selectivas. Cambios en cantidad, calidad y tipo de material vegetal son causados por variaciones climáticas. En general las colonias forrajean hojas nuevas, al comienzo de la época seca y la lluviosa, y partes florales, especialmente durante época seca cuando éstas son disponibles.

A mediados de la época seca o lluviosa, cuando pocas hojas nuevas o flores son producidas, las colonias forrajean hojas de unas pocas especies altamente aceptables o simplemente reducen su forrajeo a niveles mínimos (Rockwood, 1975, citado por Giraldo y Vanegas, 2002).

Wirth *et al.* (1997) encontró que la cantidad promedio de hojas verdes colectadas por dos colonias en Panamá, fue mayor durante la estación lluviosa que durante la estación seca. Igualmente se encontró que el peso total seco de biomasa colectada fue más alto durante la estación seca porque la mayor parte de material vegetal colectado consistió de estípulas, frutos, semillas y partes florales.

- 5.5.5 La degradación de las hojas. Las hormigas arrieras llevan las hojas al interior del nido, las mastican por los bordes hasta que quedan mojados y le añaden una gota de su líquido anal para humedecerlas. De esta forma el material vegetal queda impregnado de enzimas digestivas, que ayudan a la larva a degradarlo, así como de antibióticos que protegen el cultivo de la posible invasión de otros hongos.

Las sustancias que también hacen parte de la saliva y el líquido anal, actúan como fertilizantes que facilitan el crecimiento del hongo puesto que no se puede desarrollar en lugares donde predomina el nitrógeno, como es el caso de las hojas secas. Así como la hormiga se beneficia sembrando en sus nidos el hongo, este último también se favorece, pues sus esporas o semillas se propagan de un lugar a otro a través de estos insectos (Cárdenas, 1985).

5.5.6 La Bacteria *Streptomyces*. Así como los humanos, la hormiga arriera es uno de los pocos organismos en la Tierra que cultivan su propia comida. Habitando en la región neotropical, desde Argentina hasta la parte central de Texas, estas hormigas han cultivado un hongo por mas de 50 millones de años (Ladhani, 2001).

Después de recolectar datos de 112 colonias de hormigas arrieras en Panamá en 1997 y 1998, los biólogos Cameron Curie, Ulrich Müller, Ted Schultz y sus colegas, descubrieron que además de la simbiosis entre esta hormiga y el hongo que cultiva esta especie, existía otro organismo que interaccionaba con éstos: un hongo entomopatógeno llamado *Escovopsis*. Ladhani (2001) comenta que mientras el balance entre los organismos de esta simbiosis casi siempre se mantenía, algunas veces se observaba que el hongo entomopatógeno podría invadir y acabar el hongo que cultivan las hormigas y a sus habitantes.

Curie continuó estudiando 22 especies de las hormigas arrieras y observó la presencia de una bacteria del género *Streptomyces* productora de un antibiótico, en todos los casos sin ninguna excepción, desde la más primitiva hasta la más evolucionada *Attini*. Lo cual indujo que el antibiótico secretado por este organismo, controlaba el crecimiento y la proliferación de organismos invasores.

Según las investigaciones de los anteriores científicos mencionados, se encontró que la bacteria se desarrolla en la glándula metapleurica (Martijntje, 2003) § del cuerpo de las obreras, principalmente en las escoterías y jardineras (hormigas pequeñas) que permanecen en mayor contacto con las hojas cortadas, abono orgánico y el hongo simbiote. Este microorganismo limpia y protege al hongo de agentes contaminantes que potencialmente afectarían la supervivencia del hormiguero.

Por tanto, las hormigas arrieras desarrollan una doble labor en protección del hongo simbiote, gracias a la sociedad con la bacteria *Streptomyces*. Mientras las obreras de la casta de las jardineras se encargan de limpiar los pedazos de hongo que han muerto o que han sido contaminados por algún agente invasor, utilizando sus antenas como medio para detectar la afectación y sus bocas prensiles para arrancar la parte localizada, la bacteria *Streptomyces* les ayuda en la limpieza de hongos, patógenos y otras sustancias lesivas para éste.

§ Fecha de acuerdo al año de consulta del documento.

6. METODOLOGÍA

6.1 ÁREA DE ESTUDIO: EL JARDÍN BOTÁNICO DE CALI.

Actualmente el Jardín Botánico de Cali desarrolla actividades de conservación, reforestación y educación ambiental en un predio de 12 hectáreas en la vertiente izquierda de la cuenca media del río Cali, propiedad dada en comodato por la firma EPSA S.A. El Jardín Botánico de Cali (JBC) se caracteriza tanto por sus colecciones de plantas nativas del Valle geográfico y las laderas andinas, mantenidas de manera organizada en los predios asignados, como por sus actividades de educación ambiental y de investigación orientadas a lograr la conservación y la recuperación de ecosistemas estratégicos.

El JBC es una institución dedicada a la conservación de la biodiversidad, con énfasis en las plantas de Cali y del Valle del Cauca, mediante actividades de investigación, educación ambiental y horticultura. Anteriormente la sede del Jardín Botánico estaba ubicada en terrenos del municipio de Cali administrados por la Fundación Zoológica de Cali. La totalidad de los predios del Zoológico, iban a ser objeto de las actividades del Jardín Botánico, incluidas el área arborizada donde están concentradas las colecciones y exhibiciones de animales, las riberas del río Cali, un bosque sucesional de unas dos hectáreas y una ladera en regeneración asistida con reforestaciones con especies nativas, que forma parte de una microcuenca de aproximadamente 8 hectáreas conocida como 'La Fortuna'. El terreno del Zoológico, de unas 22 hectáreas, es parte del inicio de la cuenca baja del río Cali aún en el piedemonte de la Cordillera Occidental. A raíz de decisiones de la junta directiva de esta institución se decidió que estos predios eran necesarios para futuras expansiones del Zoológico, por lo cual, la sede del Jardín Botánico fue cambiada a los predios asignados por la firma EPSA S.A.

6.1.1 Climatología: El área de estudio presenta una zona de vida de bsT (de acuerdo a Holdridge (1967), con un rango de temperatura promedio que varía de 26° a 28° C, una precipitación anual entre los 600 y 700 mm (Bustamante, 2004), y una altitud que va desde los 1.100 hasta los 1.125 msnm (Orejuela, 2003). La precipitación tiene una distribución de tipo bimodal, con dos periodos lluviosos de marzo a mayo, y de septiembre a noviembre, siendo julio el mes de menor precipitación (CVC, 2000).

6.1.2 Geomorfología: Se caracteriza por tener vertientes de longitudes moderadas a altas de formas cóncavo – convexas, con una amplia separación entre lo cóncavo y lo convexo. La red de drenaje es de moderada densidad con un patrón subdendrítico, los drenajes de orden mayor forman valles “V” abiertos no muy profundos con un gradiente medio. El área se encuentra modelada principalmente en rocas de la formación volcánica compuesta por diabasas y basaltos, los cuales han desarrollado un espeso manto de saprofito, de textura arcillosa de colores amarillentos hasta naranja rojizo. Los procesos presentes son en su orden de importancia: Carcavamiento, deslizamientos menores y erosión laminar. En la actualidad esta zona es altamente intervenida, principalmente para uso recreativo con buena adaptación al relieve (CVC, 2000).

6.1.3 Zonas de reserva: El Jardín Botánico de Cali se encuentra ubicado en cercanías a la Reserva Forestal del Municipio de Cali que abarca un área de 8.634 ha, y al Parque Natural Nacional Farallones de Cali con 150.000 ha (CVC, 2000).

6.1.4 Fauna y flora: La vegetación natural de esta área está compuesta en un 80% por una arborización dominada por especies nativas del valle del río Cauca y de una regeneración natural típica del bosque seco tropical, y de plantas propias de las riberas del río Cali. Según Bustamante (2004), en el JBC se encuentran 89 especies de árboles pertenecientes a 73 géneros y 35 familias. En esta zona es posible hallar especímenes de Guásimo (*Guazuma ulmifolia*), Arrayán (*Myrcia popayanenses*), Sangregado (*Croton gossypiaefolius*), Carbonero (*Calliandra pittieri*), Mango (*Manguífera indica*) y Aguacatillo (*Persea caerulea*), entre otros (Orejuela, 2003). Las familias mejor representadas son Mimosaceae, Sterculiaceae, Anacardiaceae, Lauraceae, Bignoneaceae y Myrtaceae.

En el JBC se encuentran unas 103 especies de aves pertenecientes a 35 familias. Entre las que se registran el Barranquero Canelo (*Momotus momota*), el Cuculillo Migratorio (*Coccyzus americanus*), el Cuco Ardilla (*Piaya cayana*) y el Caracara (*Milvago chimachima*). Dentro del grupo de mamíferos que se pueden observar en el Jardín Botánico de Cali están el Guatín (*Dasyprocta punctata*), el Mono Nocturno (*Aotus sp.*), el Yaguarundí, la Chucha Común, armadillos y ardillas.

6.1.5 Asentamientos humanos: La comuna uno está ubicada sobre el piedemonte de la Cordillera Occidental en la línea divisoria de las cuencas de los ríos Cali y Aguacatal (Alcaldía de Santiago de Cali – DAGMA, 1998) Esta comuna se caracteriza por poseer terrenos residuales de moderada

consolidación, zona de alta actividad hidrológica, altas pendientes, deforestación y uso inadecuado del suelo. Ha sido declarada de alto riesgo por las autoridades municipales en los sectores de Vista Hermosa, Patio Bonito, Aguacatal, y las Palmas en los que habitan más de 700 familias, además existe orden de desalojo, debido a que el área donde se ubican es de “Reserva Forestal Protectora” o de alto riesgo, por las altas pendientes o peligro de inundación (Alcaldía de Santiago de Cali – DAGMA, 1998).

En general la comuna se ha desarrollado en el área de reserva forestal de los ríos Cali y Aguacatal, en la línea divisoria de éstos, lo que la determina de gran importancia por este aspecto. Es una zona de captación y regulación de aguas y se observa la confluencia de varios afluentes del Río Aguacatal como las quebradas El Tablón, Las Minas, el Chocho, entre otras (Alcaldía de Santiago de Cali – DAGMA, 1998).

Un alto porcentaje de la población de la comuna deriva sus ingresos de labores provenientes de la economía informal. Es común que en las casas de familia se desarrollen actividades productivas (microempresas de calzado, escobas, velas y bolsas plásticas) a las que se encuentran vinculadas mujeres y niños. El comercio y la minería son otras de las diversas formas de ingresos que derivan sus habitantes, aunque el porcentaje de personas vinculadas con ellas actualmente no se ha cuantificado (Alcaldía de Santiago de Cali – DAGMA, 1998).

La mayor problemática ambiental que presenta la comuna se origina en el conflicto por el uso del suelo, éste, de acuerdo con la normatividad existente, integra el área de reserva forestal de los ríos Cali y Aguacatal y la zona destinada a la extracción minera. Así lo estipula el plan de manejo integrado de las minas y el estatuto de uso del suelo para el municipio de Cali (Alcaldía de Santiago de Cali – DAGMA, 1998).

La comuna se ha desarrollado en su totalidad de manera ilegal por medio de invasiones y urbanizaciones piratas sin la cesión de los espacios para equipamiento comunitario necesarios, tales como zonas de recreación, áreas verdes, vías de acceso, etc. La insuficiencia en la prestación de servicios públicos domiciliarios es consecuencia, en algunos casos, del difícil acceso a las viviendas. En el caso del alcantarillado, por ejemplo, en algunos sitios las condiciones topográficas y geológicas del suelo hacen imposible su construcción, de la misma forma en la que se ha planteado para el resto de la ciudad (Alcaldía de Santiago de Cali – DAGMA, 1998).

Debido también a esa misma constitución topográfica, geológica, vulnerabilidad sísmica y de avalanchas de los suelos donde se ha desarrollado, algunos asentamientos han sido declarados de alto riesgo por la administración municipal. Para el caso del sector denominado “La

Fortuna” se planteó la reubicación de sus habitantes en la ciudadela Desepaz, lo que no fue aceptado por la comunidad (Alcaldía de Santiago de Cali – DAGMA, 1998).

6.2 IDENTIFICACIÓN DE HORMIGUEROS EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE LA CIUDAD DE CALI (JBC).

Para la identificación y ubicación de los nidos de hormiga arriera en el bosque seco tropical del JBC, se realizaron recorridos diurnos dos veces por semana durante un mes (Enero de 2004), en los cuales se hizo observación de conglomerados centrales (parte del hormiguero que presenta mayor concentración de bocas de excavación y aireación, y por lo general desprovista de vegetación rastrera y arbustiva) y seguimiento de caminos de forrajeo. Adicionalmente, se diseñó un mapa a mano alzada del área del JBC basado en fotografías aéreas de la cuenca media del río Cali (Anexo C) y se determinaron tres zonas de trabajo en el área de estudio de acuerdo a la división establecida por la Fundación Jardín Botánico de Cali.

6.3 ESPECIES DE HORMIGA ARRIERA ENCONTRADAS.

Se tomaron muestras en tubos de ensayo de seis obreras de las castas de los soldados, cortadoras y/o cargadoras de cada nido ubicado en el JBC, que posteriormente fueron analizadas en los laboratorios del Departamento de Entomología de la Universidad del Valle y de Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de Occidente, con base en las claves para identificación de especies de *Atta* propuestas por Mackay y Mackay (1986).

6.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS HORMIGUEROS DE ARRIERAS ENCONTRADOS.

- 6.4.1 Área de los nidos: Para determinar el área de las colonias del JBC se utilizó la metodología propuesta por Córdoba (2003). De esta forma, se ubicaron y se contaron las bocas de cada nido siguiendo una figura espiral desde el conglomerado central, donde se concentran la mayor parte de las bocas de excavación y aireación, hacia el exterior en el que normalmente se hallan las bocas de forrajeo. Luego se demarcaron aquellas situadas al exterior del hormiguero que tenían una distancia mayor entre sí (medición realizada por medio de un decámetro), y con base en estos datos se establecieron el

largo y ancho de la colonia. A continuación se obtuvo el área, resultado de la multiplicación de los factores largo y ancho para cada nido.

Cada colonia de hormiga arriera del JBC fue clasificada en pequeña, mediana y grande de acuerdo al área que ocupa, teniendo en cuenta las categorías propuestas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y la Universidad de Antioquia, quienes consideran un nido pequeño cuando mide entre 0 y 12 m², mediano entre 12 y 57 m² y grande mayor de 57 m².

- 6.4.2 Estado actual de los hormigueros de *Atta cephalotes*: Se realizaron visitas diurnas durante los meses de estudio Enero – Febrero de 2004, con una intensidad de 4 horas dos días a la semana. Se hicieron observaciones de las actividades de exploración, forrajeo y excavación para las colonias ubicadas en la zona sendero.

6.5 DISTANCIAS DE FORRAJEО DE LOS HORMIGUEROS ESCOGIDOS COMO OBJETO DE ESTUDIO.

Teniendo en cuenta la presencia de 22 nidos de *Atta cephalotes* en los predios del Jardín Botánico de Cali, se escogieron al azar seis colonias para facilitar el estudio del proyecto de investigación: 3c, 2i, 2s, 3s, 4s y 7s (Anexo D1 y D2)

- 6.5.1 Distancias de forrajeo: Se realizaron visitas diurnas y nocturnas durante los meses de estudio Marzo – Mayo de 2004, con una intensidad de cuatro horas por dos días a la semana (diurno) y siete horas una vez cada dos semanas (nocturno). En el periodo de estudio Junio – Agosto de 2004 se escogieron las visitas nocturnas con la misma intensidad anteriormente mencionada, debido al cese de actividades de forrajeo por *Atta cephalotes* en horario diurno.

Durante los días de visita se marcaron con cintas plásticas de diferentes colores las plantas que estaban siendo forrajeadas por los nidos previamente escogidos, y se ubicaron los caminos que utilizan las obreras para transportar el material vegetal. La medición de las distancias se realizó con el uso de un decámetro desde las bocas de forrajeo hasta la planta forrajada, siguiendo las curvaturas de los caminos.

Para facilitar el análisis de esta información se compararon las medidas del área, distancias de forrajeo promedio, máximas y mínimas para cada nido.

- 6.5.2 Distancias de forrajeo por rango: Se clasificaron las distancias por rangos para determinar la frecuencia de recorridos de forrajeo en cada hormiguero y facilitar su comparación con otros factores tales como el área y distancia promedio (metodología propuesta por Giraldo y Vanegas, 2002).

6.6 SELECCIÓN ALIMENTARIA DE LA HORMIGA ARRIERA.

- 6.6.1 Vegetación forrajada por las colonias de hormiga arriera: Las plantas marcadas durante las visitas diurnas y nocturnas de los meses de estudio, como se mencionó en el punto 7.5.1, fueron identificadas por el personal del Jardín Botánico de Cali.

Se organizó una tabla con el listado de las especies de plantas y del número de individuos por especie que fueron forrajadas por las colonias de *A. cephalotes* en los periodos Marzo – Mayo y Junio – Agosto de 2004.

- 6.6.2 Especies forrajadas por colonia: En cada una de las cintas plásticas colocadas en las plantas que estaban siendo forrajadas por las colonias de *A. cephalotes*, se marcó un rótulo para determinar cuáles especies eran visitadas por cada nido de arriera. Posteriormente, se organizó una tabla con el listado de las especies vegetales consumidas por los nidos de *A. cephalotes* en relación con cada hormiguero estudiado.

6.7 BIOMASA VEGETAL FORRAJEADA POR LAS COLONIAS DE HORMIGA ARRIERA.

De acuerdo con los horarios de estudio diurno y nocturno durante los meses Marzo – Agosto de 2004, se escogió el intervalo 21:00 a 01:00 h (nocturno) para la toma de muestras de hojas cortadas que las obreras ingresaban por las bocas de forrajeo, en la medida que se determinó este periodo como el de más alto transporte de material, en comparación con el intervalo 08:00 a 12:00 h (diurno).

Durante cada visita nocturna, las muestras de biomasa vegetal forrajada por las colonias de *A. cephalotes* se tomaron durante un minuto en intervalos de 30 minutos (g/minuto)^{**}, alcanzándose a estudiar tan solo tres hormigueros por noche.

^{**} Para cada colonia se obtuvieron 8 muestras/mes, 24 muestras/periodo de estudio o 48 muestras/por 6 meses de estudio

De esta forma, la siguiente visita abarcaría la toma de muestras de aquellas colonias no estudiadas hasta el momento. Posteriormente, las muestras se dejaron secar a temperatura ambiente durante 48 horas y se pesaron en una balanza electrónica.

6.7.1 Biomasa vegetal promedio forrajada por colonia y periodo de estudio (BVPE): Los datos recolectados durante las visitas de campo, se organizaron en una tabla que muestra la cantidad de biomasa vegetal promedio consumida por cada colonia para cada periodo de estudio (periodo de lluvias, Marzo – Mayo, y periodo de sequía, Junio – Agosto) en g/minuto.

6.7.2 Biomasa vegetal promedio forrajada por colonia y mes de estudio (BVPM): Los datos obtenidos se organizaron en una tabla que muestra la cantidad de biomasa vegetal promedio consumida por cada colonia para cada mes de estudio (desde Marzo hasta Agosto) en g/minuto.

6.7.3 Biomasa vegetal promedio forrajada por año (BVPA): Basándose en los datos referentes al promedio de biomasa vegetal consumida (g/minuto) en cada mes por las colonias de *A. cephalotes* estudiadas, se obtuvo un promedio de la cantidad de biomasa vegetal (mensual, semestral y anual) que está siendo transportada por los seis nidos en el Jardín Botánico de Cali. Por otro lado, se obtuvo un promedio de la cantidad de biomasa vegetal consumida por cada colonia en cada mes (g/mes, g/semestral, g/año).

Para la conversión y el cálculo de estos datos se tomaron los siguientes parámetros: 1) Los días se consideraron de 4 horas, según el intervalo de tiempo escogido previamente para la toma de muestras de biomasa vegetal, ya que la actividad de forrajeo diaria presentaba variaciones notorias en cuanto a cantidad de biomasa transportada y forrajeo diurno/nocturno en cada periodo de tiempo estudiado (periodo de lluvia y de sequía). 2) Los meses se consideraron de treinta días. 3) Sólo se tuvo en cuenta los seis hormigueros estudiados, no la totalidad de los nidos de *A. cephalotes* del JBC. 4) La cantidad de BVA se obtuvo con el factor entre la cantidad promedio de biomasa vegetal semestral por dos.

7. RESULTADOS

7.1 HORMIGUEROS IDENTIFICADOS EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE LA CIUDAD DE CALI (JBC).

Se encontraron 17 colonias de hormiga arriera en los predios de bosque seco tropical del Jardín Botánico, y 5 hormigueros de la misma clase de hormiga en la carretera junto al margen izquierdo de la cuenca media del río Cali (Anexo D1 y D2).

La mayoría de dichos hormigueros poseen un conglomerado central totalmente visible, caracterizado por ser un área pequeña sin vegetación rastrera o arbustiva y con poca o casi nula hojarasca. Sin embargo, la observación de algunos de los nidos en el Jardín Botánico, muestra que las colonias se han desarrollado bajo el follaje de algunas plantas rastreras.

7.2 ESPECIES DE HORMIGA ARRIERA ENCONTRADAS.

Con las observaciones realizadas a las castas de hormiga arriera recolectadas (soldados y cortadoras) utilizando las claves para identificación de especies de *Atta* propuestas por Mackay y Mackay (1986), se logró determinar que dentro del Jardín Botánico de la ciudad de Cali se encuentra una sola especie de hormiga arriera, *Atta cephalotes*, insecto comúnmente reconocido en Colombia por sus implicaciones económicas.

7.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS HORMIGUEROS DE ARRIERAS ENCONTRADOS.

7.3.1 Área de los nidos: Se debe tener en cuenta que algunas colonias se encontraban en zonas cubiertas por grandes masas de vegetación rastrera y arbustiva, lo que impedía la localización de las diferentes bocas de los hormigueros. Los datos obtenidos se presentan a continuación en la Tabla 2 (o Anexo A):

Tabla 2. Área de los nidos encontrados en el Jardín Botánico de Cali. Las zonas del JBC son: Carretera (c), Sendero (s) e Investigación (i).

Hormiguero	Zona del Jardín Botánico	No. Aproximado de bocas	Área total (m ²)
1c	Carretera	17	32.17
2c	Carretera	138	359.95
3c	Carretera	9	22.64
4c	Carretera	114	235.50
5c	Carretera	53	515.10
1s	Sendero	37	88.27
2s	Sendero	75	108.38
3s	Sendero	39	50.32
4s	Sendero	51	293.87
5s	Sendero	56	85.37
6s	Sendero	49	69.94
7s	Sendero	75	73.74
8s	Sendero	121	396.90
9s	Sendero	7	3.53
10s (*)	Sendero	-	-
11s (*)	Sendero	-	-
1i	Investigación	202	38.89
2i	Investigación	58	109.95
3i	Investigación	39	276.36
4i (*)	Investigación	-	-
5i	Investigación	22	25.52
6i (*)	Investigación	-	-

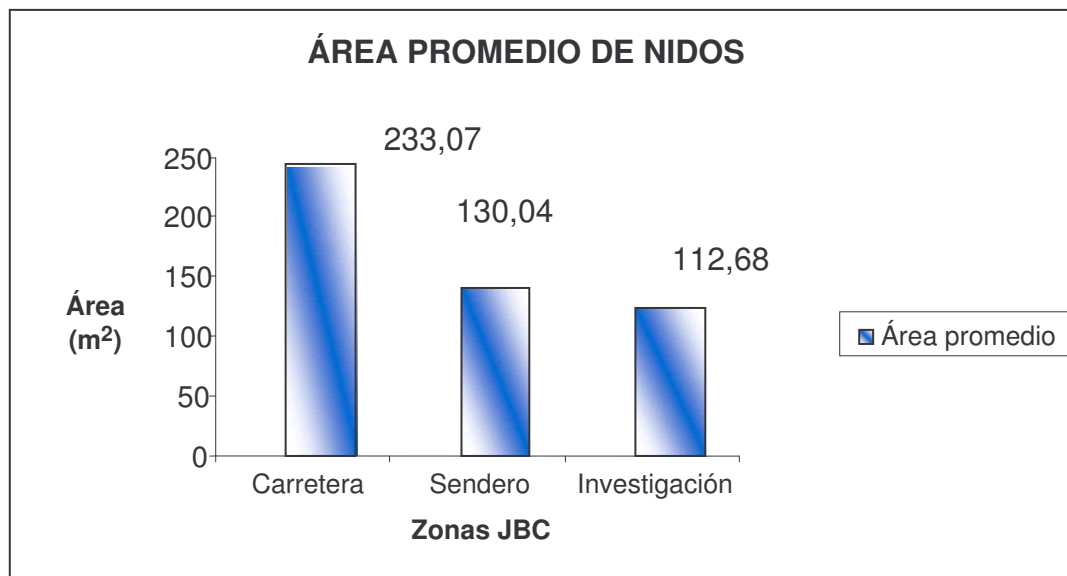
(*) Colonias de hormiga arriera de las cuales no se tomaron datos debido a las dificultades de acceso al conglomerado central y demás bocas de forrajeo.

Los nidos de mayor tamaño se localizaron en las zonas Carretera y Sendero (Anexo D1 y D2), los cuales presentaron un área promedio de 233.07 m² y 130.04 m² respectivamente (Tabla 3 y Gráfico 1). Estas dos zonas muestran múltiples caminos adecuados por la comunidad humana aledaña y con gran cantidad de claros de bosque, más que la zona Investigación.

Tabla 3. Área promedio de los nidos de hormiga arriera en cada zona del JBC.

Zona del JBC	Carretera	Sendero	Investigación
Área (m ²)	233.07	130.04	112.68

Grafico 1. Área promedio de nidos encontrados por zona del JBC.



7.3.2 Estado actual de los hormigueros de *Atta cephalotes*: La siguiente descripción se hace con el fin de brindar información básica sobre el estado actual que presentan las diferentes colonias de *Atta cephalotes* que han sido encontradas en las zonas Carretera (c) y el Sendero (s) del Jardín Botánico de Cali.

- ☑ **1c:** Este hormiguero es mediano debido al área total (32.17 m²), las escasas bocas que presenta y la ausencia de castas avanzadas de obreras, como los soldados. Se pueden observar presencia de material vegetal transportado en la entrada de las bocas de forrajeo. Las plantas existentes a su alrededor, a menos de 4 m de distancia del conglomerado central, se encuentran muy defoliadas por los individuos de esta colonia. La actividad de excavación es muy reducida y no se presenta forrajeo durante horas del día.

- ☑ **2c:** Este hormiguero ocupa una extensión de 359.95 m². Al transitar por la carretera se puede observar a simple vista el conglomerado central que posee sin cobertura vegetal arbórea, además se ve la presencia de algunas hormigas en actividades de excavación, así como varios soldados. Algunas veces se ha podido observar actividad de forrajeo en horas de la mañana, especialmente en días no muy soleados. Como dato a destacar, se encontró una boca de forrajeo con un largo camino oculto bajo la vegetación y ramaje cortado, el cual va hasta cercanías del hormiguero 1c.
- ☑ **3c:** Es un hormiguero mediano (22.64 m²), su conglomerado central se encuentra ubicado debajo de un árbol cerca al río Cali. En esta colonia no se presenta la casta de soldados, por lo que se deduce que es un hormiguero joven (menos de dos años). La actividad de forrajeo es muy activa, se han podido ubicar diferentes caminos donde transitan las hormigas en su proceso de recolección y transporte del material vegetal. La ubicación de bocas de excavación resulta muy compleja debido a la gran vegetación presente en la zona de ubicación de esta colonia.
- ☑ **4c:** Hormiguero grande (235.50 m²), caracterizado por estar ubicado debajo de una roca de tamaño considerable. La vegetación presente en esta zona es variada, haciendo de este sitio un lugar muy atractivo para la especie. Algunas de las bocas de forrajeo han sido formadas en la mitad de la carretera, lo que da idea del gran tamaño que pueden tener las cámaras debajo de la misma.
- ☑ **5c:** Este hormiguero es grande, con 515.10 m². La actividad de este nido durante las horas de observación diurna ha sido muy poca, contrario a lo que sucede en la noche.
- ☑ **1s:** Este Hormiguero es el primero que se puede encontrar al iniciar el recorrido por el sendero; es un nido de tamaño grande (88.27 m²) que cuenta con la presencia de la casta de soldados. Se encuentra totalmente activo, hay presencia de material vegetal forrajado de distintas plantas.
- ☑ **2s:** Es un hormiguero grande (108.38 m²), con varios caminos de forrajeo que recorren una distancia promedio de 46.05 m desde la planta hasta sus bocas; unas ubicadas debajo de las raíces de un árbol pequeño y otras cercanas a éste. El conglomerado central cuenta con varias bocas de excavación (sin actividad), algunas de ellas muy cerca a una cañada. Se ha observado actividad de forrajeo constante, tanto de día como de noche.

- ☑ **3s:** Las primeras semanas de observación informaron de un estado poco favorable para esta colonia, debido a que no ha presentado mayor actividad de forrajeo y excavación durante las horas de visitas (se han encontrado unas pocas exploradoras y forrajeras). La zona alrededor del hormiguero mostraba un cese de actividad de forrajeo intensivo durante un periodo prolongado, probablemente de más de 6 meses de acuerdo a la comunidad y personal del JBC, comprobado por la ausencia de caminos de forrajeo o antiguos caminos y conglomerado central cubiertos por vegetación rastrera y hojarasca. Sin embargo, desde comienzos del mes de marzo se ha venido presentando una reactivación, pues han aparecido nuevas bocas de excavación y aireación dentro del conglomerado central, y otras de forrajeo, donde se puede observar material vegetal (fresco y seco) cortado en sus entradas.
- ☑ **4s:** En este hormiguero el conglomerado es grande (293.87 m²). De esta colonia se puede decir que hay presencia de algunas obreras forrajeando y otras en proceso de excavación, aunque relativamente la actividad registrada en horas diurnas ha sido muy poca.
- ☑ **5s:** Este hormiguero en su conglomerado no presenta actividad, además el sitio se encuentra cubierto por hojarasca y las zonas cercanas por vegetación rastrera, aunque las bocas de forrajeo ubicadas a cierta distancia del conglomerado presentan actividad.
- ☑ **6s:** Hormiguero grande (69.94 m²), su conglomerado está ubicado en las raíces de un espécimen de carbonero (*Calliandra pittieri*). Existen gran cantidad de bocas bajo la vegetación rastrera, pero no se ha visto algún tipo de actividad en esta colonia.
- ☑ **7s:** Este es un hormiguero de tamaño grande (73.74 m²), la actividad de excavación registrada es poca, aunque la tierra presenta consistencia blanda y húmeda lo que indica que es un hormiguero activo en horas nocturnas. Una de las bocas de forrajeo ubicada en la raíz de un árbol presenta actividad constante.
- ☑ **8s:** Este hormiguero está ubicado en una zona boscosa; sus bocas y caminos se pueden observar a través de la vegetación rastrera. Su conglomerado es grande con presencia de muchas bocas, pero no se registra actividad. Algunas veces se puede ver transito de hormigas en los caminos de forrajeo, pero esto no es constante.

7.4 DISTANCIAS DE FORRAJEО DE LOS HORMIGUEROS ESCOGIDOS COMO OBJETO DE ESTUDIO.

7.4.1 Distancias de forrajeo: Al hacer la medición de las distancias de forrajeo (camino y sus respectivas ramificaciones) se observó cierta variación entre cada colonia, aparentemente influenciadas por el desarrollo de los nidos (edad, tamaño, etc.), la actividad presente y la época estacional en el sector de la cuenca media del río Cali. Hormigueros de área menor tenían una tendencia a recorrer una distancia promedio y una distancia máxima pequeñas comparadas con las de nidos más grandes (Tabla 4 y Tabla 5). Esto ocurrió entre las colonias 3c, 3s, 7s y 2s, y entre 3c, 3s, 2i y 4s. La colonia 3s presentó un cese de actividades de forrajeo y excavación durante los meses Junio – Agosto de 2004.

Tabla 4. Distancias de forrajeo máximas, mínimas y promedio para cada colonia escogida (meses Marzo – Mayo 2004).

# Nido	Zona del JBC	Área nidos (m ²)	Distancia Promedio (m)	Distancia máxima (m)	Distancia mínima (m)
2s	Sendero	108.38	46.05	137.95	9.22
3s	Sendero	50.32	9.64	30.45	0.30
4s	Sendero	293.87	22.44	58.78	0.01
7s	Sendero	73.74	22.17	60.90	0.01
3c	carretera	22.64	9.21	27.60	0.28
2i	Investigación	109.95	16.82	38.65	2.47

Tabla 5. Distancias de forrajeo máximas, mínimas y promedio para cada colonia escogida (meses Junio – Agosto 2004).

# Nido	Zona del JBC	Área nidos (m ²)	Distancia Promedio (m)	Distancia máxima (m)	Distancia mínima (m)
2s	Sendero	108.38	35.43	95.54	8.45
3s	Sendero	50.32	0.00	0.00	0.00
4s	Sendero	293.87	17.30	28.54	2.50
7s	Sendero	73.74	20.12	40.90	0.01
3c	carretera	22.64	9.48	21.67	0.28
2i	Investigación	109.95	14.45	28.42	2.47

Al parecer, existe una relación entre el factor clima (régimen bimodal) y la actividad de forrajeo de las colonias de *A. cephalotes* del JBC, evidenciado en la variación de las distancias de forrajeo promedio y máximas para cada nido de arriera (Gráfico 2, 3 y 4). Los hormigueros 2s y 4s, por ejemplo, recorrieron distancias promedio en el periodo de lluvias (Marzo – Mayo de 2004) de 46.05 y 22.44 m, respectivamente, mientras que en el de sequía (Junio – Agosto de 2004) fueron de 35.43 y 17.3 m.

La misma situación se presentó para las distancias de forrajeo máximas, donde las obreras del nido 2s recorrieron caminos de hasta 137.95 m en el periodo de lluvias, y 95.54 m en el de sequía (Gráfico 4). La colonia 4s presentó una distancia de forrajeo máxima de 58.78 m en los meses de lluvia, y 28.54 m en los de sequía.

Grafico 2. Distancias de forrajeo promedio por nidos escogidos (meses Marzo – Mayo 2004).

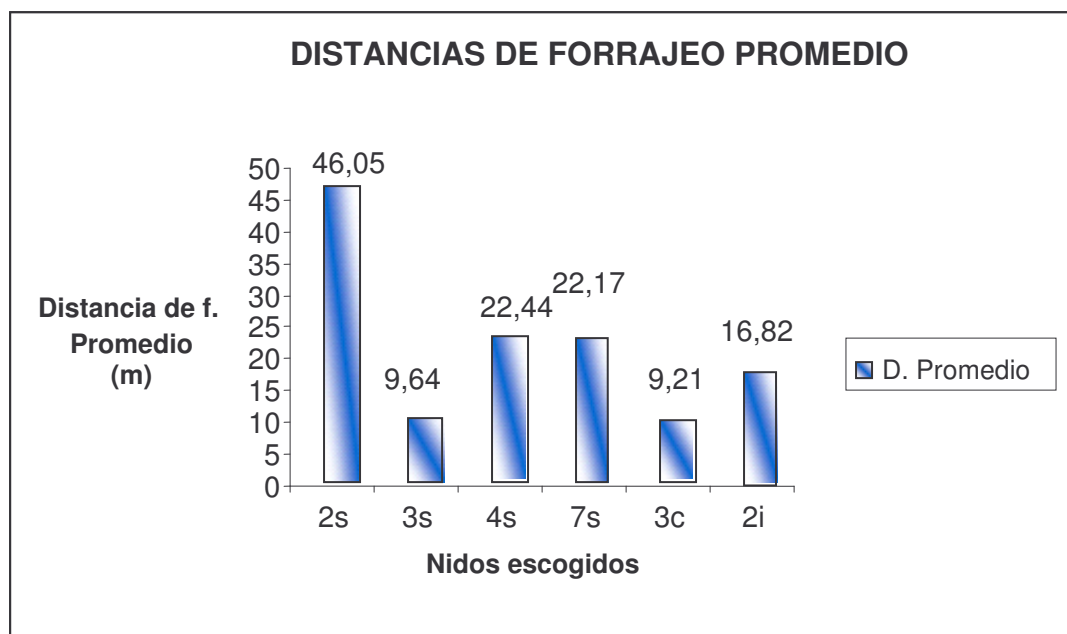


Grafico 3. Distancias de forrajeo promedio por nidos escogidos (meses Junio – Agosto 2004).

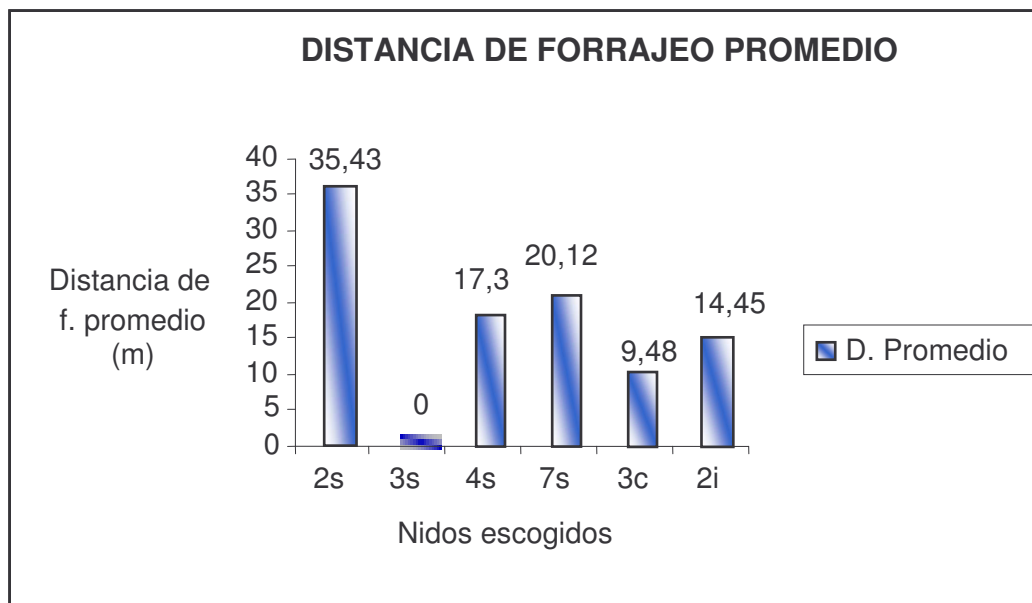
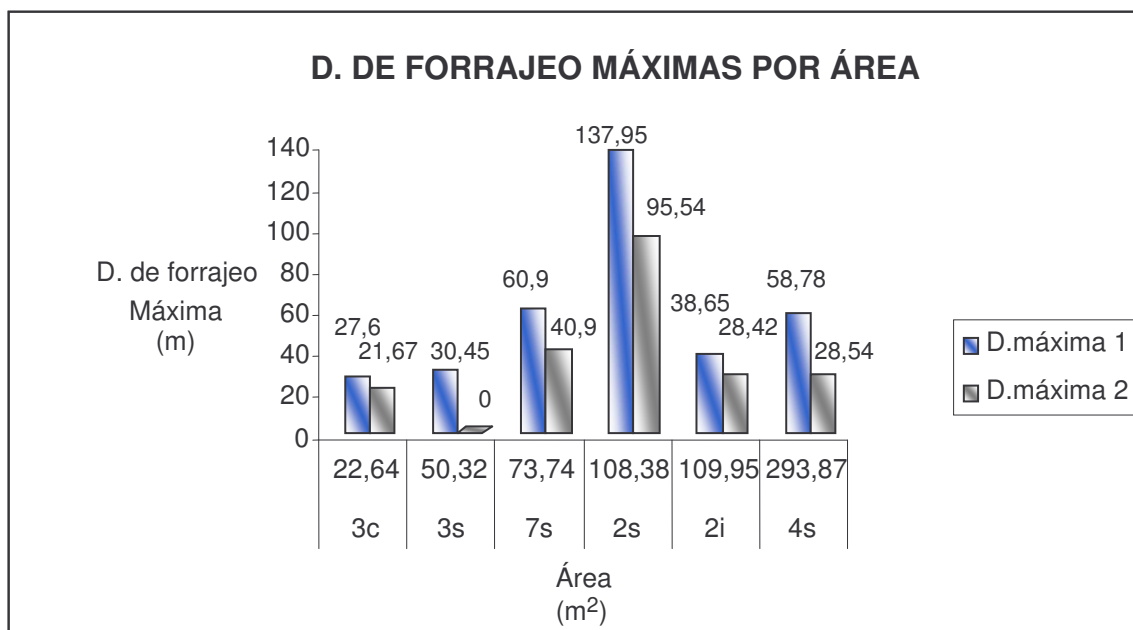


Grafico 4. Distancias de forrajeo máximas por área de hormiguero.



D.máxima 1: Distancia de forrajeo máxima periodo Marzo – Mayo 2004

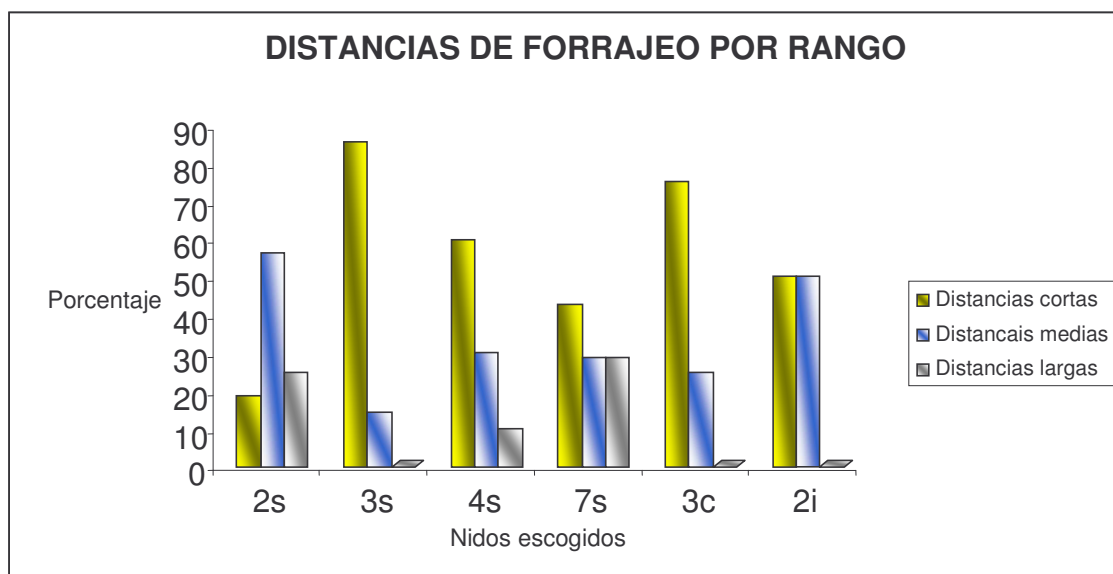
D.máxima 2: Distancia de forrajeo máxima periodo Junio – Agosto 2004

7.4.2 Distancias de forrajeo por rango: Se determinó que en la época de estudio Marzo – Mayo de 2004, la distancia corta fue el rango predominante en la mayoría de los hormigueros observados, mientras que las colonias raramente recorrían distancias largas (Tabla 6 y Gráfico 5). Existió una variación en los nidos 2i y 2s en los cuales las distancias medias se encontraron en equilibrio o predominando sobre los otros rangos, respectivamente.

Tabla 6. Porcentaje de distancias de forrajeo por rango para cada colonia escogida (meses Marzo – Mayo 2004).

# Nido	% Distancia Corta (0-20 m)	% Distancia Media (20-50 m)	% Distancia Larga (> 50 m)	Distancia Promedio (m)
2s	18.75	56.25	25.00	46.05
3s	85.71	14.29	0.00	9.64
4s	60.00	30.00	10.00	22.44
7s	42.86	28.57	28.57	22.17
3c	75.00	25.00	0.00	9.21
2i	50.00	50.00	0.00	16.82

Gráfico 5. Rango de distancias recorridas por cada nido para cada punto de forrajeo.

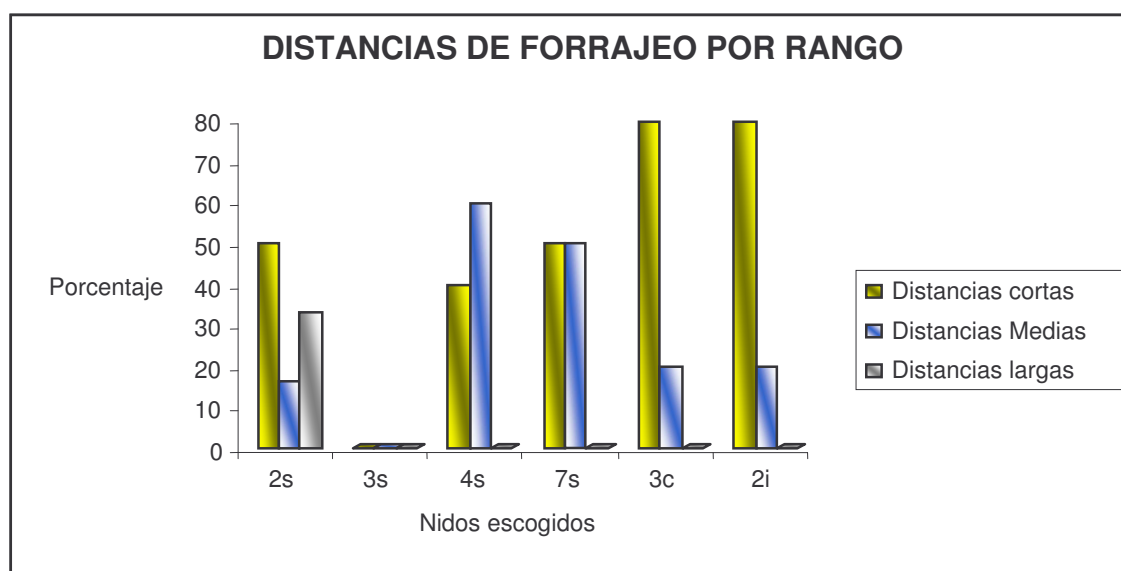


En la época de estudio Junio – Agosto 2004 predominaron las distancias cortas en todos los hormigueros observados, mientras que las largas se presentaron en sólo una de las colonias (hormiguero 2s). El nido 3s no tuvo actividad de forrajeo o excavación, ni se encontraron hormigas de la casta de las obreras (Tabla 7 y Gráfico 6).

Tabla 7. Porcentaje de distancias de forrajeo por rango para cada colonia escogida (meses Junio – Agosto 2004).

# Nido	% Distancia Corta (0-20 m)	% Distancia Media (20-50 m)	% Distancia Larga (> 50 m)	Distancia Promedio (m)
2s	50.00	16.67	33.33	35.43
3s	0.00	0.00	0.00	0.00
4s	40.00	60.00	0.00	17.30
7s	50.00	50.00	0.00	20.12
3c	80.00	20.00	0.00	9.48
2i	80.00	20.00	0.00	14.45

Grafico 6. Rango de distancias recorridas por cada nido para cada punto de forrajeo.



7.5 SELECCIÓN ALIMENTARIA DE LA HORMIGA ARRIERA.

7.5.1 Vegetación forrajada por las colonias de hormiga arriera: Durante los meses de investigación en los predios del Jardín Botánico de Cali se pudo determinar que las seis colonias seleccionadas de *Atta cephalotes* realizaron un forrajeo casi continuo de diecinueve (19) especies de árboles (Tabla 8), presentándose una variación en la cantidad de plantas de la misma especie visitadas (Tablas 9) y en las distancias recorridas.

Tabla 8. Lista de la vegetación forrajada por *Atta cephalotes* en los predios del Jardín Botánico de Cali.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
ANACARDIACEAE	<i>Manguífera indica</i>	Mango
ANONACEAE	<i>Annona muricata</i>	Guanábano
CAESALPINACEAE	<i>Senna spectabilis</i>	Vainillo, velillo, velero
CAESALPINACEAE	<i>Senna sp.</i>	Acacia de flor amarillo
CLUSIACEAE	<i>Clusia sp.</i>	Chagualo
EUPHORBIACEAE	<i>Croton gossypiaefolium</i>	Sangregado
LAURACEAE	<i>Persea caerulea</i>	Aguacatillo
LAURACEAE	<i>Phoebe cinnamomifolia</i>	*
MIMOSACEAE	<i>Calliandra pittieri</i>	Carbonero
MIMOSACEAE	<i>Pithecellobium dulce</i>	Chiminango, Payandé
MORACEAE	<i>Ficus glabrata</i>	Higuerón
MYRTACEAE	<i>Myrcia popayanensis</i>	Arrayán
MYRTACEAE	<i>Myrcia sp.</i>	Arrayán colorado
MYRTACEAE	<i>Psidium guajava</i>	Guayabo
RUTACEAE	<i>Fagara pterota</i>	Uña de gato
SAPINDACEAE	<i>Sapindus saponaria</i>	Chambimbe
SOLANACEAE	<i>Solanum sp.</i>	*
STERCULIACEAE	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guásimo
VERBENACEAE	<i>Duranta sp.</i>	Flor morada

* Se desconoce el nombre común de esta especie de árbol presente en el Jardín Botánico de Cali.

Pese a que la dieta alimentaria de *A. cephalotes* en el JBC contiene diecinueve tipos de árboles, es evidente que existe una marcada tendencia a explotar individuos de unas pocas especies en cada periodo estudiado, siendo *Myrcia popayanensis* la más forrajada (Tabla 9).

Tabla 9. Número de individuos forrajeados por especie y meses de estudio.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NO. DE PLANTAS FORRAJEADAS	
		Mar. – May.	Jun. – Ago.
ANACARDIACEAE	<i>Manguífera indica</i>	2	0
ANONACEAE	<i>Annona muricata</i>	1	0
CAESALPINACEAE	<i>Senna spectabilis</i>	2	0
CAESALPINACEAE	<i>Senna sp.</i>	1	0
CLUSIACEAE	<i>Clusia sp.</i>	2	2
EUPHORBIACEAE	<i>Croton gossypiaefolius</i>	4	3
LAURACEAE	<i>Phoebe cinnamomifolia</i>	3	0
LAURACEAE	<i>Persea caerulea</i>	2	1
MIMOSACEAE	<i>Calliandra pittieri</i>	5	0
MIMOSACEAE	<i>Pithecellobium dulce</i>	2	0
MORACEAE	<i>Ficus glabrata</i>	1	0
MYRTACEAE	<i>Myrcia popayanensis</i>	13	7
MYRTACEAE	<i>Myrcia sp.</i>	7	4
MYRTACEAE	<i>Psidium guajava</i>	1	0
RUTACEAE	<i>Fagara pterota</i>	1	0
SAPINDACEAE	<i>Sapindus saponaria</i>	1	0
SOLANACEAE	<i>Solanum sp.</i>	1	0
STERCULIACEAE	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	3
VERBENACEAE	<i>Duranta sp.</i>	3	0

La selección alimentaria de la hormiga arriera fue más amplia en el primer periodo estudiado, llegando a consumir hasta diecinueve especies de árboles, mientras que en la época de sequía sólo seis fueron forrajeadas. Entre éstas, sobresalen en el primer periodo, *Myrcia popayanensis*, *Myrcia sp.* y *Guazuma ulmifolia*, y en el segundo, *Croton gossypiaefolius* y las tres especies anteriormente mencionadas de los meses Marzo – Mayo de 2004 (Gráfico 7 y 8).

Grafico 7. Especies arbóreas forrajeadas por las colonias de *A. cephalotes* en el período Marzo – Mayo de 2004.

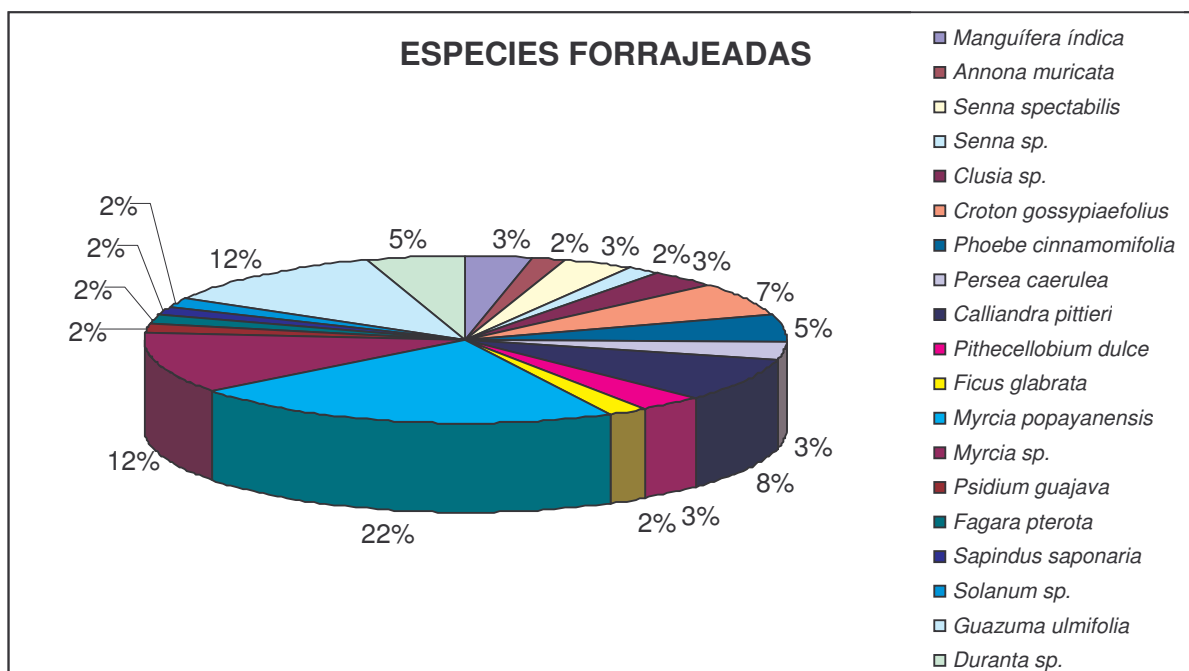
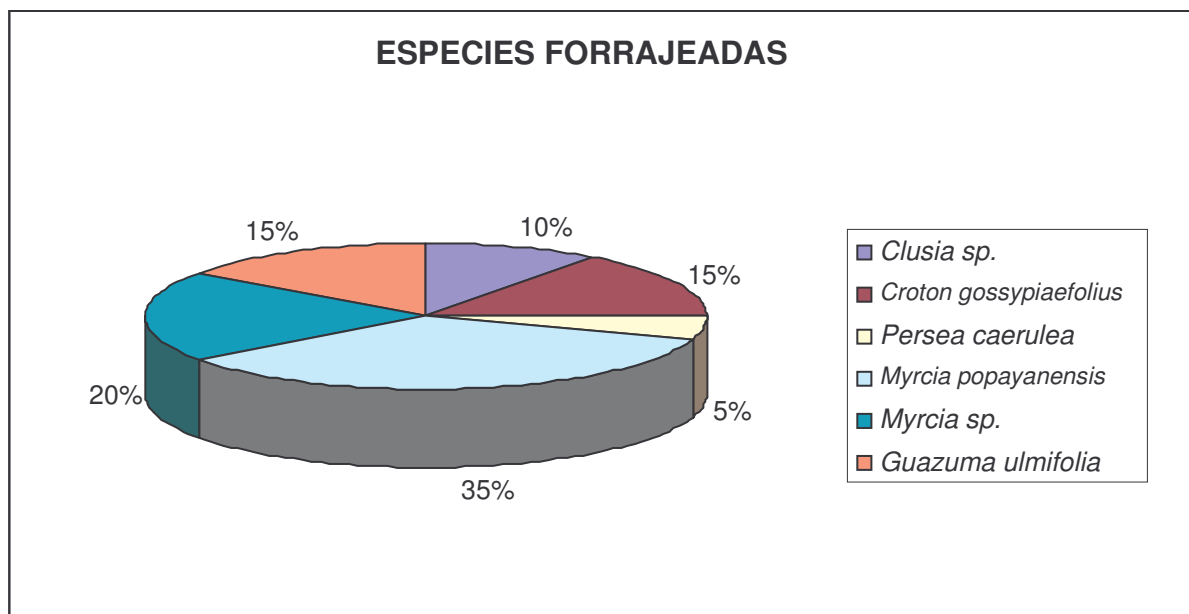


Grafico 8. Especies arbóreas forrajeadas por las colonias de *A. cephalotes* en el período Junio – Agosto de 2004.



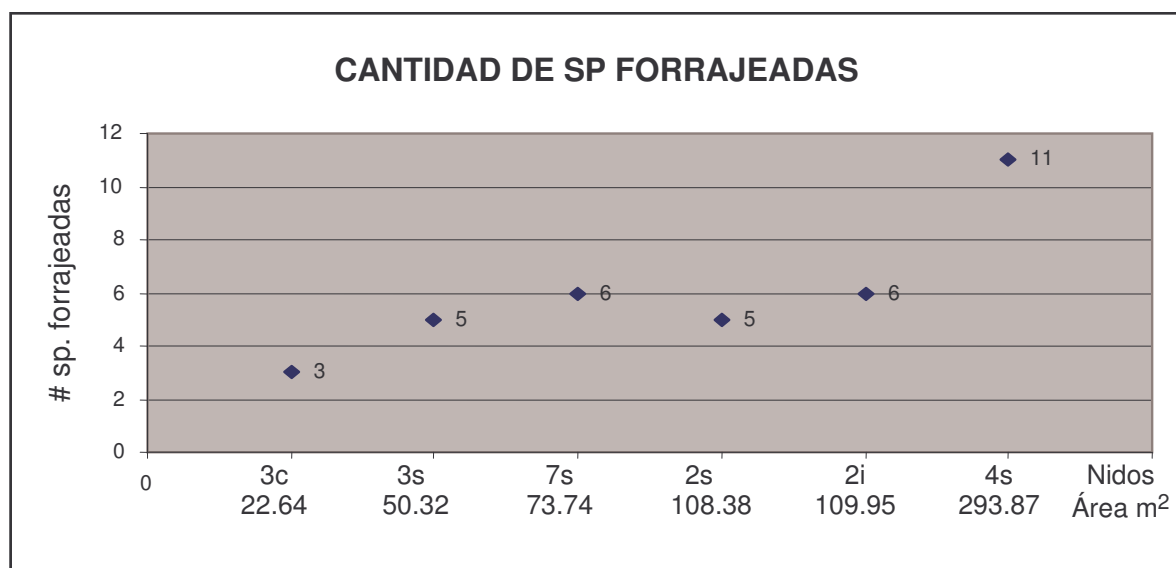
7.5.2 Especies forrajeadas por colonia: A continuación se presenta un listado de las especies vegetales que fueron forrajeadas por cada colonia en la zona de estudio del Jardín Botánico de Cali (Tabla 10).

Tabla 10. Listado familias y especies forrajeadas por colonia de *Atta cephalotes*.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	COLONIAS DE <i>Atta cephalotes</i>						TOTAL POR FAMILIA
		2s	3s	4s	7s	3c	2i	
ANACARDIACEAE	<i>Manguífera indica</i>						X	1
ANONACEAE	<i>Annona muricata</i>			X				1
CAESALPINACEAE	<i>Senna spectabilis</i>	X						2
	<i>Senna sp.</i>		X					
CLUSIACEAE	<i>Clusia sp.</i>		X					1
EUPHORBIACEAE	<i>Croton gossypiaefolius</i>	X		X		X	X	1
LAURACEAE	<i>Phoebe cinnamomifolia</i>		X	X	X			2
	<i>Persea caerulea</i>	X						
MIMOSACEAE	<i>Calliandra pittieri</i>	X				X		2
	<i>Pithecellobium dulce</i>			X	X			
MORACEAE	<i>Ficus glabrata</i>			X				1
MYRTACEAE	<i>Myrcia popayanensis</i>	X		X	X	X	X	3
	<i>Psidium guajava</i>			X				
	<i>Myrcia sp.</i>		X	X	X		X	
RUTACEAE	<i>Fagara pterota</i>						X	1
SAPINDACEAE	<i>Sapindus saponaria</i>			X				1
SOLANACEAE	<i>Solanum sp.</i>				X			1
STERCULIACEAE	<i>Guazuma ulmifolia</i>		X	X	X		X	1
VERBENACEAE	<i>Duranta sp.</i>			X				1
Total de sp. por colonia		5	5	11	6	3	6	

El nivel de desarrollo de un hormiguero tiene relación con la cantidad de especies vegetales que este forrajea. Por ejemplo, la colonia 4s, de mayor tamaño que las demás escogidas, presenta un consumo de hasta once especies de árboles en los meses estudiados, mientras que el nido 3c, el más pequeño, se abastece de sólo tres especies arbóreas (Gráfico 9).

Grafico 9. Cantidad de especies arbóreas forrajeadas por las colonias de *A. cephalotes* durante los meses Marzo – Agosto de 2004.



7.6 BIOMASA VEGETAL FORRAJEADA POR LAS COLONIAS DE HORMIGA ARRIERA.

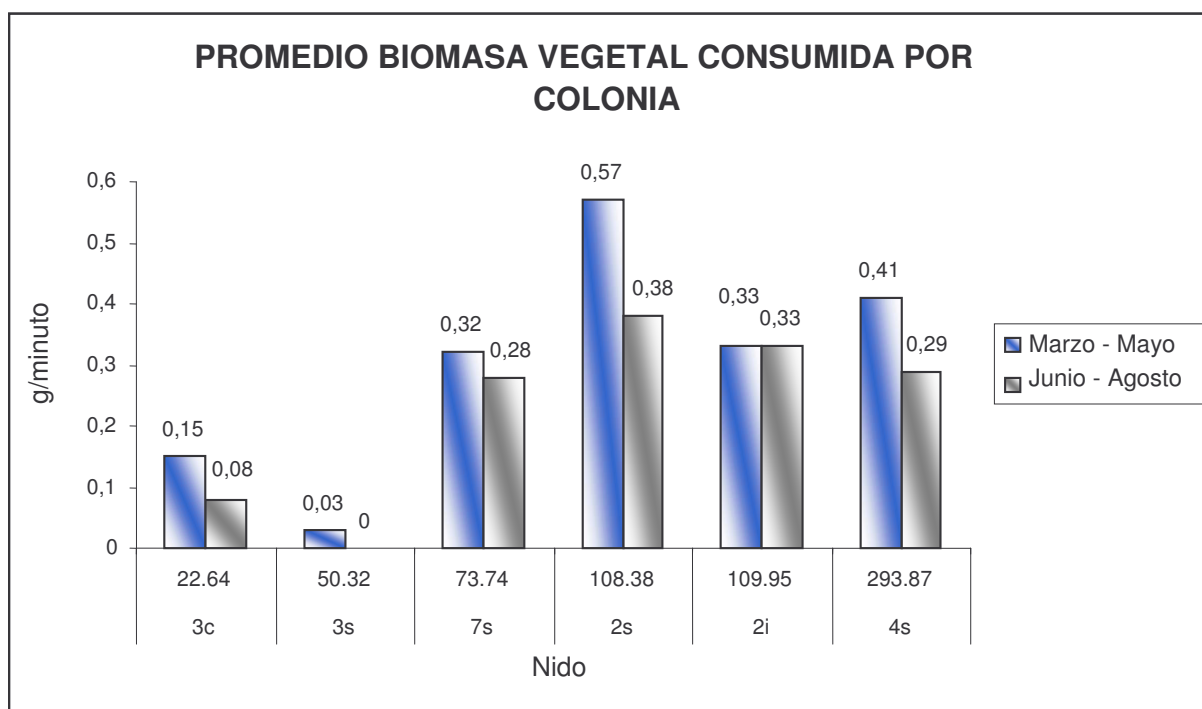
7.6.1 Biomasa vegetal promedio forrajada por colonia y periodo de estudio: Las colonias de *A. cephalotes* estudiadas, consumieron un promedio de biomasa vegetal de 0.30 g/minuto en el período de lluvias y un 0.23 en el período de sequía (Tabla 11). Lo que muestra que la cantidad de material vegetal transportado se ve influenciado por el régimen bimodal del área de estudio.

Esta situación se refleja en la cantidad de biomasa vegetal forrajada para cada colonia en el periodo de meses estudiado: El hormiguero 2s presenta un promedio de biomasa vegetal forrajada de 0.57 g/minuto en el p. de lluvia, y de 0.38 g/minuto en el de sequía. La colonia 4s transporta 0.41 g/minuto en la época de lluvias, y 0.29 en la de sequía (Gráfico 10).

Tabla 11. Promedio de biomasa vegetal forrajada por las colonias de *A. cephalotes* en cada período de estudio en g/minuto.

# NIDO	ÁREA NIDOS (m ²)	Promedio Biomasa en g/minuto (Marzo – Mayo)	Promedio Biomasa en g/minuto (Junio – Agosto)	Promedio Biomasa Total por colonia (6 meses)
2s	108.38	0.57	0.38	0.48
3s	50.32	0.03	0.00	0.02
4s	293.87	0.41	0.29	0.35
7s	73.74	0.32	0.28	0.30
3c	22.64	0.15	0.08	0.12
2i	109.95	0.33	0.33	0.33
Promedio Biomasa por período de estudio		0.30	0.23	0.27

Grafico 10. Promedio de biomasa vegetal forrajada por *A. cephalotes* en cada periodo estudiado (p. de lluvia y p. de sequía).



7.6.2 Biomasa vegetal promedio forrajada por colonia y mes de estudio: A continuación se presenta la Tabla 12 donde se muestra el promedio de

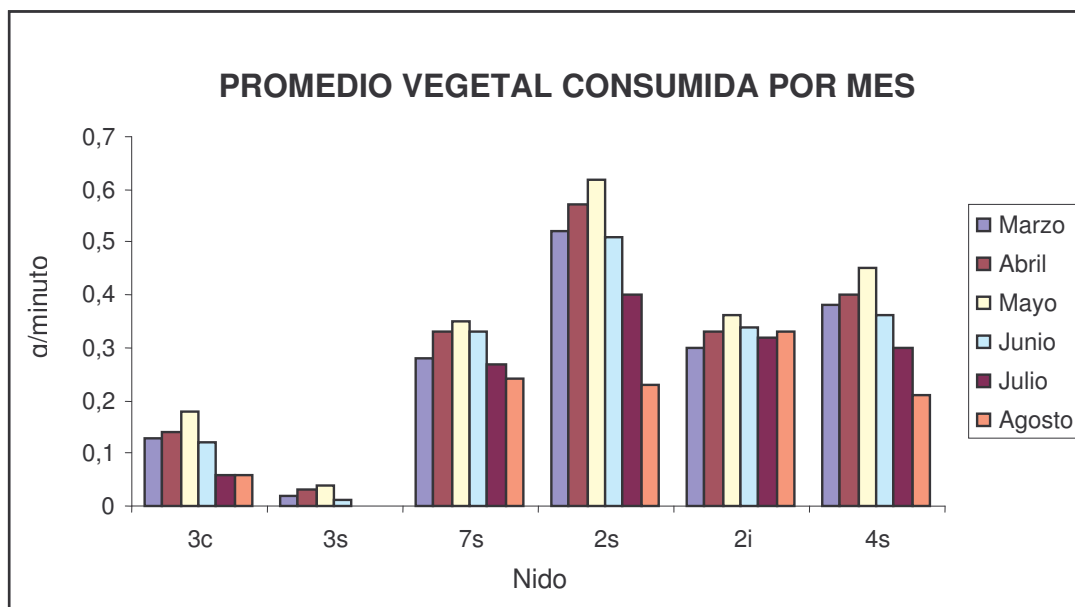
biomasa vegetal que consumieron las colonias de *A. cephalotes* en cada mes de estudio.

Tabla 12. Promedio de biomasa vegetal forrajada por las colonias de *A. cephalotes* en cada mes de estudio en g/minuto.

# NIDO	ÁREA NIDOS (m ²)	PROMEDIO BIOMASA (g/minuto)						
		MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Promedio 6 meses
2s	108.38	0.52	0.57	0.62	0.51	0.40	0.23	0.48
3s	50.32	0.02	0.03	0.04	0.01	0.00	0.00	0.02
4s	293.87	0.38	0.40	0.45	0.36	0.30	0.21	0.35
7s	73.74	0.28	0.33	0.35	0.33	0.27	0.24	0.30
3c	22.64	0.13	0.14	0.18	0.12	0.06	0.06	0.12
2i	109.95	0.30	0.33	0.36	0.34	0.32	0.33	0.33
Promedio Biomasa por mes		0.27	0.30	0.33	0.28	0.23	0.18	0.27

Los meses de lluvia Marzo, Abril y Mayo de 2004, presentaron más transporte de biomasa vegetal para cada colonia, en comparación con los meses de sequía, siendo Mayo el de mayor forrajeo. En el segundo periodo, Agosto fue el mes que mostró un nivel más bajo de forrajeo en los nidos de *A. cephalotes*.

Grafico 11. Promedio de biomasa vegetal forrajada por *A. cephalotes* en cada mes estudiado.



7.6.3 Biomasa vegetal promedio forrajada por año: Las seis colonias estudiadas de *A. cephalotes* consumieron un promedio de 68.688 g (68.7 Kg) de biomasa vegetal seca durante el periodo de estudio de seis meses (Tabla 13). Con base en los parámetros explicados en la metodología, anualmente las obreras de dichas colonias están transportando un promedio de 137.376 g (137.4 Kg) de material vegetal.

Tabla 13. Biomasa vegetal promedio forrajada por las seis colonias de arrieras en el JBC en g/mes.

	BIOMASA VEGETAL PROMEDIO(g/mes)						TOTAL 6 MESES	TOTAL 1 AÑO
	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO		
Para 1 colonia	1944	2160	2376	2016	1656	1296	11448	22896
Para 6 colonias	11664	12960	14256	12096	9936	7776	68688	137376

Las colonias de *A. cephalotes* que mostraron mayor transporte de material vegetal seco fueron los nidos 2s y 4s, con 20.5 Kg y 15.1 Kg respectivamente, durante el periodo de estudio Marzo – Agosto de 2004. Suponiendo que la especie *A. cephalotes* presente un forrajeo similar durante los meses restantes del año, el hormiguero 2s estaría consumiendo anualmente 41.0 Kg de biomasa vegetal, mientras que el nido 4s, 30.2 Kg (Tabla 14).

Tabla 14. Biomasa vegetal promedio transportada por cada colonia de arrieras en g/mes.

# NIDO	ÁREA NIDOS (m ²)	BIOMASA VEGETAL PROMEDIO (g/mes)						TOTAL 6 MESES	TOTAL 1 AÑO
		MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO		
2s	108.38	3744	4104	4464	3672	2880	1656	20520	41040
3s	50.32	144	216	288	72	0	0	720	1440
4s	293.87	2736	2880	3240	2592	2160	1512	15120	30240
7s	73.74	2016	2376	2520	2376	1944	1728	12960	25920
3c	22.64	936	1008	1296	864	432	432	4968	9936
2i	109.95	2160	2376	2592	2016	1656	1296	12096	24192

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1 HORMIGUEROS IDENTIFICADOS EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE LA CIUDAD DE CALI (JBC).

Teniendo en cuenta que los predios del JBC son producto de una regeneración natural del bosque seco tropical, y que la intervención humana por extracción de material vegetal y adecuación de caminos para trasladarse es alta, la densidad de los nidos de arriera es grande (22 colonias) comparada a la que se podría encontrar en bosques primarios o sin intervención antrópica. Tal como lo propone la hipótesis de Ortega (1999) y de los autores a los que hace referencia, en donde plantean que “la presencia humana asociada a la tala del bosque incrementa los claros, provocando el establecimiento de nuevos nidos y en consecuencia el aumento acelerado de sus poblaciones”.

8.2 ESPECIES DE HORMIGA ARRIERA ENCONTRADAS.

La especie de hormiga arriera encontrada en el Jardín Botánico de Cali es *A. cephalotes*, lo cual concuerda con los estudios realizados por Rodas (1998) sobre la ubicación de especies de *Atta* en Colombia, en donde pudo determinar que la única especie del género en el Valle del Cauca es *A. cephalotes*. Sin embargo es importante aclarar que existen zonas no inventariadas, y que podrían presentar otras especies de dicho grupo.

8.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS HORMIGUEROS DE ARRIERAS ENCONTRADOS.

Los datos obtenidos muestran que la mayoría de los hormigueros de la zona de estudio poseen un tamaño grande, teniendo en cuenta la clasificación propuesta por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y la Universidad de Antioquia, quienes consideran de esta categoría a aquellos nidos de más 57 m². Entre éstos se encuentran los nidos 2c, 4c, 5c, 1s, 2s, 4s, 5s, 6s, 7s, 8s, 2i y 3i. Además, las zonas donde se ubicaron los nidos de mayor tamaño, Carretera y Sendero, muestran múltiples caminos

adecuados por la comunidad humana aledaña y con gran cantidad de claros de bosque, más que la zona Investigación. Esto puede explicarse con el planteamiento de Ortega (1999), ya que dichos claros ocasionados por la extracción de material vegetal, favorecen el desarrollo y crecimiento de los nidos de arrieras.

8.4 DISTANCIAS DE FORRAJEО DE LOS HORMIGUEROS ESCOGIDOS COMO OBJETO DE ESTUDIO.

Hormigueros de área menor tenían una tendencia a recorrer una distancia promedio pequeña comparadas con las de nidos más grandes. Sin embargo, existieron variaciones a este supuesto en donde los nidos 2i y 2s, por ejemplo, con áreas de 109.95 m² y 108.38 m² respectivamente, presentaron distancias de forrajeo promedio y máximas que no correspondían a lo planteado por Fowler y Robinson (1979) citado por Giraldo y Vanegas (2002), en lo sugerido acerca de que en estados sucesionales (bosque, rastrojo alto, rastrojo bajo y potrero) a mayor área del nido, los caminos recorridos son mayores.

El hormiguero 2i presenta distancias de forrajeo promedio y máximas pequeñas comparadas a otros nidos de menor área, tales como el 7s y el 2s. La colonia 2s posee caminos largos de transporte de material en comparación con otros nidos de mayor tamaño. Esta situación podría explicarse a través de la teoría de Ortega (1999), en la cual el tamaño de los nidos parece tener una relación directa con la presencia de claros en el bosque permitiendo el aumento acelerado de sus poblaciones y el crecimiento espacial de la colonia. De esta forma, el ambiente que rodea a un hormiguero (vegetación palatable disponible en cercanías al nido, plantas con toxinas, alteración antrópica y/o natural del entorno, predadores naturales y competencia intraespecífica, entre otras), determina el acceso a recursos alimenticios y distancias de forrajeo.

Una situación similar se presentó entre las colonias 2s, 7s y 4s, donde este último, pese a que posee un tamaño mayor que los otros dos nidos, tuvo distancias de forrajeo promedio menores. Para comprender esto, es necesario realizar un estudio detallado de los claros de bosque y características bioquímicas de la vegetación ubicada en cercanías a cada hormiguero.

Durante los meses de estudio Marzo – Mayo y Junio – Agosto de 2004 se pudo observar que la actividad de forrajeo y los caminos de transporte de material variaban de acuerdo a la temporada de lluvia y sequía (régimen bimodal) de la zona de estudio. En el primer periodo, las distancias de forrajeo promedio y máximas fueron mayores que las de los meses de sequía. Tal como lo muestra Cherrett (1992) en una recopilación de varias investigaciones sobre el consumo

alimentario de *A. cephalotes* y otras especies de arrieras, podría existir cierta relación entre la actividad de forrajeo y algunos factores del clima. También se encontró que *A. cephalotes* tiene una mayor actividad nocturna en los periodos estudiados: en Marzo – Mayo se presentó forrajeo diurno y nocturno, mientras que en Junio – Agosto fue sólo nocturno. Según la teoría de Cherrett (1992) y Wetterer (1990) citado por Giraldo y Vanegas (2002), este comportamiento es debido a la pérdida energética que sufren las obreras de las hormigas arrieras durante su actividad de forrajeo (recorrido hasta la planta, corte de la hoja y transporte de material) que se acentúa en el día o en periodos de altas temperaturas.

En algunas colonias estudiadas se encontró que los caminos de forrajeo y las plantas hospederas cambiaban de acuerdo a la temporada de lluvias y el periodo día/noche. Según Cherrett (1992) una situación similar se ha presentado en otras investigaciones. No obstante, ninguna explicación pudo ser encontrada entre el forrajeo y los factores climáticos.

Se determinó que en la época de estudio Marzo – Mayo de 2004, la distancia corta fue el rango predominante en la mayoría de los hormigueros observados, mientras que las colonias raramente recorrían distancias largas. Existió una variación en los nidos 2i y 2s en los cuales las distancias medias se encontraron en equilibrio o predominando sobre los otros rangos, respectivamente. En el periodo Junio – Agosto de 2004 las distancias cortas predominaron en los nidos 2s, 3c y 2i, mientras que las largas sólo se presentaron en el hormiguero 2s.

8.5 SELECCIÓN ALIMENTARIA DE LA HORMIGA ARRIERA.

Las colonias de *A. cephalotes* forrajearon 19 de 89 especies de plantas existentes en el Jardín Botánico de Cali. Lo que significa un 21.35% del total de árboles de la zona de estudio. Esto muestra que en el JBC, *A. cephalotes* no presenta una dieta alimentaria tan amplia como en las investigaciones de Cherrett (1992), quien encontró que las arrieras consumían el 50% de los árboles en un bosque de Guyana, y Hubbell y Wiemer (1983) en Costa Rica, con un 92%. Sin embargo, pese a la variedad de plantas forrajeadas por *A. cephalotes* en el JBC, existe una marcada tendencia hacia la especialización, que se demuestra en la cantidad de individuos por especie que están siendo visitados por las colonias de hormiga arriera durante los dos periodos de tiempo estudiados. Para la época de sequía (Junio – Agosto de 2004) se presentó una reducción en el número de especies y cantidad de individuos por especie que eran forrajeados por las colonias de *A. cephalotes*.

Se pudo comprobar que las especies arbóreas más consumidas por las colonias de arrieras son *Myrcia popayanensis*, *Myrcia sp.* y *Guazuma ulmifolia*, las cuales, son las especies de árboles más comunes en esta zona de bosque seco tropical

(Orejuela, 2004). Contrario a lo asegurado por Rockwood (1976), quien encontró que las especies vegetales más escasas eran las más atacadas por *Atta*, y algunas de las más abundantes no.

Lo anterior plantea un nuevo interrogante acerca de la coevolución en la relación hormiga arriera – vegetación en el área del Jardín Botánico de Cali: ¿La actividad de forrajeo de *A. cephalotes* ha influido en la dispersión y la densidad de especies de plantas de esta zona?

Por otro lado, se plantea que existe una relación entre el tamaño de la colonia y la cantidad de especies vegetales que están siendo forrajeadas por ésta: A mayor tamaño, es mayor la cantidad de especies de plantas que son visitadas por las forrajeras. Esta situación podría derivarse de las teorías de Ortega (1999) y Fowler y Robinson (1979) citado por Giraldo y Vanegas (2002), ya que a distancias de forrajeo extensas, la posibilidad de encontrar una gran variedad de especies de plantas palatables y no palatables puede aumentar. Dicho en otras palabras, hormigueros pequeños tienen una tendencia a visitar la vegetación más cercana, mientras que nidos más grandes pueden ampliar su área de forrajeo y abastecerse de una mayor cantidad de especies.

8.6 BIOMASA VEGETAL FORRAJEADA POR LAS COLONIAS DE HORMIGA ARRIERA.

Existió variación en el promedio de biomasa forrajada por cada colonia en cada periodo de tiempo estudiado. En los meses Marzo – Mayo de 2004 el promedio de biomasa vegetal para cada colonia fue mayor que el resultante en Junio – Agosto de 2004. Lo que muestra que existe una relación entre algunos factores del clima y la actividad de forrajeo de las arrieras, tal como lo asegura Cherrett (1992).

Además, el análisis de los promedios de biomasa vegetal forrajada por las seis colonias en los tres primeros meses de estudio, enseñan una diferencia notable entre los nidos 3c, 2s, 3s y 4s respecto a los meses de la época de sequía. Mientras que las colonias 7s y 2i, no presentan un cambio significativo entre meses de lluvia (Marzo, Abril, Mayo) y de sequía (Junio, Julio, Agosto). Sin embargo, esta situación podría sugerir que las hormigas arrieras de la especie *A. cephalotes*, en el bosque seco tropical del JBC, aumenten su actividad de forrajeo en respuesta a las variaciones de temperatura y precipitación (factores del clima también relacionados con el ciclo de vida y la adaptabilidad de las plantas).

Fowler *et al.* (1990) citado por Wirth *et al.* (1997), en la revisión de varios estudios realizados por otros investigadores, encontró que el promedio anual de transporte de material vegetal para *Atta* era de 140.35 Kg. Para las colonias de *A. cephalotes* del JBC, se obtuvo un promedio de 22.9 Kg; valor que se encuentra muy por de

bajo del encontrado por Fowler *et al.* (1990). Dicha diferencia puede explicarse por varias razones: 1) La fiabilidad de las estimaciones anuales puede ser limitada por el periodo de tiempo empleado en los estudios; 2) El tamaño de los nidos de arrieras usualmente no es reportado; 3) Diferencias en la metodología de adquisición de datos; 4) El tamaño de partes florales, semillas y demás que están contenidas en la dieta alimentaria de las arrieras (Wirth *et al.*, 1997, y Fowler *et al.*, 1990, citado por Wirth *et al.*, 1997).

9. CONCLUSIONES

- ☑ El bosque secundario del Jardín Botánico de Cali presenta una alta densidad de nidos por hectárea, si se tiene en cuenta el valor promedio que habitualmente demuestran los bosques primarios, donde la densidad de hormigueros es uno o menor que uno.
- ☑ La mayoría de los hormigueros presentes en el Jardín Botánico de Cali son grandes, debido a que ocupan un área de más de 57 m². Además, donde se encuentran los nidos más grandes se puede observar mayor grado de intervención humana en la adecuación de caminos y establecimiento de claros de bosque.
- ☑ Las distancias de forrajeo más frecuentes para los hormigueros fue la corta, que comprende un rango entre 0 a 20 m, presentando una pequeña variación en otros nidos con características ambientales diferentes.
- ☑ El cambio de época climática tuvo influencia para que se dieran variaciones en las distancias de transporte de material, el número de bocas de forrajeo, la cantidad de especies escogidas, el número de individuos por especie escogida, la cantidad de material vegetal forrajeado y los horarios de forrajeo. Esto se vivenció en el primer periodo relacionado con la temporada de lluvias, pues se pudo observar que las distancias de forrajeo promedio y máximas fueron superiores a las que se presentaron en los meses Junio – Julio – Agosto (período de sequía).
- ☑ Pese a que existieron ciertas variaciones entre colonias, la tendencia es que hormigueros de área menor recorran distancias promedio y máximas pequeñas comparadas con las de nidos más grandes.
- ☑ Las colonias de hormiga arriera (*A. cephalotes*) presentes en el JBC no poseen una dieta alimentaria tan extensa como se ha visto en otras investigaciones similares, ya que sólo están forrajeando 19 de las 89 especies

de plantas que se encuentran en la zona (21,35 % del total de árboles de la zona de estudio).

- ☑ El entorno que circunda a un nido de hormiga arriera *A. cephalotes* determina no sólo el tamaño y densidad del mismo, sino también establece el acceso a recursos alimenticios y distancias de forrajeo.
- ☑ Los horarios de la actividad de forrajeo de las hormigas arrieras de la especie *A. cephalotes* en el Jardín Botánico de Cali, se ve influenciada por cambios estacionales y periodo día/noche.
- ☑ Se comprobó que existe una relación proporcional entre el tamaño de la colonia y la cantidad de especies vegetales que están siendo forrajeadas. Esto se puede observar claramente en el nido 4s (293,87 m²), que posee una gran extensión, siendo así más amplia la cantidad de especies de plantas que son defoliadas por las hormigas.

10. RECOMENDACIONES

- ☑ Durante los recorridos que se realizaron para la ubicación e identificación de nidos de *A. cephalotes*, se omitió una de las zonas del bosque del Jardín Botánico de Cali (Anexo D1). En recorridos posteriores a los programados en la metodología del trabajo se identificaron 2 nidos de hormiga arriera en dicha zona. Por lo tanto es necesario investigar la posible existencia de otras colonias en esa parte, resultado que incrementaría la densidad de nidos por hectárea del JBC.
- ☑ Es importante realizar un estudio detallado de las características físicas y bioquímicas de la vegetación del Jardín Botánico de Cali de acuerdo al régimen bimodal, con el fin de establecer el por qué de la preferencia alimentaria de *A. cephalotes* sobre ciertas especies de plantas en esta zona de bosque seco tropical, dado que su dieta se concentró principalmente en *Myrcia* sp., *Myrcia popayanensis* y *Guazuma ulmifolia*.
- ☑ Es necesario el uso de equipos para la medición de las distancias de forrajeo, tal como el LASEER YARDAGE PRO-400 empleado por Giraldo y Vanegas (2002), con el fin de tener mayor seguridad de los datos obtenidos. Igualmente, se recomienda el uso de las herramientas de los sistemas de información geográfica para la ubicación precisa y sistematizada de los nidos de *A. cephalotes* en el Jardín Botánico de Cali.
- ☑ Es recomendable para futuros estudios de la vegetación del Jardín Botánico, estudiar la relación hormiga arriera – planta para determinar en qué medida la especie *A. cephalotes* ha influido en la dispersión y la densidad de especies de plantas de esta zona.
- ☑ Es aconsejable conseguir información climatológica diaria y/o mensual del área de estudio, que permita hacer una comparación más detallada sobre el incremento, o en su defecto, disminución de la actividad de forrajeo (distancias de transporte de material, especies vegetales escogidas, número de individuos por especie vegetal forrajada, etc.) en relación al nivel de precipitación y temperatura presentado en cada mes del año.

- ☑ Igualmente es importante ampliar el rango de tiempo escogido para la toma de muestras de biomasa vegetal forrajado, con el fin de determinar con mayor exactitud la cantidad de biomasa vegetal forrajada en el día, mes y año por cada colonia de arriera en el Jardín Botánico de Cali. Se recomienda un intervalo de 24 horas, tres veces a la semana, para cada mes de estudio.

- ☑ Es notorio que exista cierta relación entre la presencia de claros de bosque y la densidad y tamaño de las colonias de *A. cephalotes*. No obstante, es necesario que en futuros estudios se haga medición de dichos claros para comprobar esta aseveración planteada por Ortega (1999), con el fin de explicar las diferencias en la actividad de forrajeo entre colonias pequeñas, medianas y grandes (i.e. 2i, 2s y 4s), factor que también podría estar influenciado por el tipo de vegetación en cercanías al conglomerado central y área de forrajeo de los hormigueros.

BIBLIOGRAFÍA

ABDULLA, S. Ant's arms race. [en línea]. [s.l.] [s.f.]
<http://www.nature.com/nsu/990422/990422-2.html>

ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI; DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, DAGMA. Agendas Ambientales. Comuna I. Santiago de Cali, Colombia, 1998. p. 13- 19.

AUPEC. ¿Culpa del niño?: Las arrieras atacan de Nuevo. [en línea]. [s.l.] [1998].
<http://mafalda.univalle.edu.co/~aupec/aupec.html>

BORGES, R. Ant and human farmers face similar problems. En Revista: J. Bioscience Vol. 26, No. 2 (Jun., 2001); p. 121 - 122.

BUENO, O.; HEBLING-BERALDO, M.; AULINO, O.; PAGNOCCA, F.; FERNÁNDEZ, J.; VIEIRA, P. Toxic effect of plants on leaf-cutting ants and their symbiotic fungus. En: VANDERMEER, R.; JAFFE, K.; CEDENO, A. Applied Mymercology: A world perspective. Westview, Boulder. 1990. p. 420 – 426.

BURD, M. Foraging performance by *Atta colombica*, a leaf-cutting ant. En: The American Naturalist Vol. 148, No. 4 (Oct., 1996); p. 597 – 612.

BUSTAMANTE, B. Sistematización y análisis de la colección botánica del Jardín Botánico de Cali. Santiago de Cali, Colombia, 2004. 17 p.

CÁRDENAS, R. Plagas del Cafeto: Manejo de la hormiga arriera (*Atta cephalotes*) en zonas cafeteras de Colombia. Chinchiná, Colombia. CENICAFE. 1985. p.19.

CHERRETT, J. Leaf-cutting ants. En: Ecosystems of the world 14B: Tropical Rain Forest Ecosystems Biogeographical and Ecological Studies [s.f.]. p. 473 – 488.

CHERRETT, J. Resource conservation by leaf-cutting ant *Atta cephalotes* in tropical rain forest. En: Ecology and Management Vol. 2 (Abr., 1983); p. 253 – 263.

CIAT. Búsqueda de un método de control para el manejo de la hormiga arriera *Atta cephalotes* en la cuenca del río cabuyal (Caldono, Cauca). Caldono, 1997. p. 47 – 53.

CURIE, C.; SCOTT, J.; SUMMERBELL, R.; MALLOCH, D. Fungus-growing ants use antibiotic-producing bacteria to control garden parasites. En: Revista Nature Vol. 398 (Feb., 1999); p. 701 – 704.

CVC; ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. La hormiga arriera: Investigación bibliográfica para su manejo y control. Santiago de Cali, Colombia, 2001. 22 p.

CVC. Sistema de información geográfica de la unidad de manejo de cuenca Cali – Meléndez – Pance – Aguacatal. Santiago de Cali, Colombia, 2000. 204 p.

DEWAIN, K.; ELLIS, T.; GRAHAM, M. Comparison study of leaf cutter ants (*Atta cephalotes*) in canopy versus grapped areas at La Selva, Costa Rica. [s.f.] 15p.

DIAMOND, J. Ants, crops and history. En: Science. Vol. 281 (Sep., 1998); 2 p.

DIAZ, D. Efecto insecticida de extractos de semillas de *Annona muricata* L. (*Annonaceae*) y *Mammea americana* L. (*Guttiferae*) sobre *Atta cephalotes* L. (*Myrmicinae*, *Attini*). Santiago de Cali, Colombia, 2001. p. 1 – 27. Tesis de Grado. Universidad del Valle.

EMSIRVA ESP.; ASOLIP AMBIENTAL Y SERVICIOS PROFESIONALES. Primer informe de actividades (contrato No. SA 0158 – 2002): Control, manejo y monitoreo de la hormiga arriera en la zona urbana, parques, zonas blandas, separadores viales y zonas verdes aledañas a los ríos que atraviesan la ciudad de Santiago de Cali en las comunas 2, 3, 4, 5, 7, 15, 17, 18, 19 y 20. Santiago de Cali, Colombia, 2002. 17 p.

ENTREVISTA con Alfredo Córdoba, ingeniero forestal. Santiago de Cali. [17-Abr.-2003].

ENTREVISTA con Carmen Posso, bióloga. Santiago de Cali. [17-Abr.-2003].

ENTREVISTA con Jorge Orejuela, biólogo. Santiago de Cali. [20-Jun.-2003].

ENTREVISTA con Pedro Barragán, ingeniero forestal. Santiago de Cali. [12-Jun.-2003].

ENTREVISTA con Ramón Arbeláez, ingeniero forestal. Santiago de Cali. [15-Oct.-2003].

ESPINOSA, S. ¿Para donde van las hormigas con esas hojas? [en línea]. [s.l.] [s.f.] <http://mafalda.univalle.edu.co/~aupec/aupec.html>

FARJI, A.; SIERRA, C. Distribution of attacked plants along trails in leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae): Consequences in territorial strategies. En: Rev. Biol. Trop. Vol. 41 No. 3 (1993); p. 891 – 896.

FERNÁNDEZ, F. ¿Por qué hay tantas en los árboles? Instituto Humboldt. Villa de Leyva, Colombia, [s.l.] [s.f.] p. 43 – 49.

FORTANELLI, J.; SERVIN, M. Desechos de hormiga arriera (*Atta mexicana* Smith), un abono orgánico para la producción agrícola. En: Revista Terra 20 (Dic., 2001). Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis de Potosí, México, 2001. p. 153 – 160.

FORTI, L. Importancia y Manejo de las Hormigas Cortadoras. En: Congreso Nacional de Entomología SOCOLEN (1998, Santiago de Cali). Memorias del Congreso Nacional de Entomología. Santiago de Cali, Colombia, 1998. 12 p.

FOSTER, D. Small matters. En: Revista Smithsonian (May., 2002); p. 79 – 84.

FOWLER, H.; BERNARDI, J.; DELABIE, J.; FORTI, L.; PEREIRA DA SILVA, V. Major ant problems of South America. En: VANDERMEER, R. – JAFFE, K. – CEDENO, A. Applied Mymercology: A world perspective. Westview, Boulder. 1990. p. 3 – 14.

FOWLER, H.; FORTI, L.; DI ROMAGNANO, L. Methods for the evaluation of leaf-cutting ant harvest. En: VANDERMEER, R.; JAFFE, K.; CEDENO, A. Applied Mymercology: A world perspective. Westview, Boulder. 1990. p. 228 – 241.

GARCIA, F. Control biológico de plagas. En: ASIAVA. No. 48. (Ene., 1994); p. 14 – 17.

GIRALDO, J.; VANEGAS, R. Relación de hormigas cortadoras y vegetación en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Porce II. Medellín, Colombia, 2002. 98 p. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia.

HART, A.; BOT, A.; BROWN, Mark. A colony-level response to disease control in a leaf-cutting ant. En: Naturwissenschaften (Mar., 2002) p. 275 - 277.

HOLDRIDGE, L. Life Zone Ecology. Tropical Research Center. San José, Costa Rica, 1967. 206 p.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. Journey to the ants: A story of scientific exploration. Cambridge, Estados Unidos, 1994. Harvard University Press. p. 107 – 122.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. The ants.. Cambridge, Estados Unidos, 1990. Harvard University Press. p. 307 – 309, 566 – 569 y 596 – 608.

HOWARD, J. Leafcutting ant diet selection: Relative Influence of leaf chemistry and physical features. En: Ecology Vol. 69 No. 1 (1998); p. 250 – 260.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA); FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA; UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. Afiche. Santiago de Cali, Colombia, 2003. 56 p.

INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT EN VILLA DE LEYVA; UNIVERSIDAD KENTUCKY; MUSEO DE HISTORIA NATURAL DEL CONDADO DE LOS ÁNGELES; UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES NACIONALES NATURALES. Proyecto Insectos de Colombia (PIC). Boletín del Proyecto Insectos de Colombia No. 1 (May., 2000) [s.l.], 2000. 20 p.

JAFFÉ, K. El mundo de las hormigas. Editorial Equinoccio. Maracay, Venezuela, 1993. p. 5 – 14 y 99 – 100.

JAFFÉ, K.; HOWSE, P. The mass recruitment system of the leaf cutting ant, *Atta cephalotes* (L.) En: Animal Behaviour Vol. 27 No. 2 (1979); p. 930 – 939.

JAFFÉ, K.; VILELA, E. On nest densities of the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* in tropical rain forest. En: Biotropica. Vol. 21; No. 3 (1989); p. 234 – 236.

LOPEZ, L. Una pequeña depredadora. En: Periódico El País (25, Nov., 2002) Santiago de Cali, 2002. C10.

MADRIGAL, C.; YEPES, F. Las hormigas cortadoras. En: Cuadernos divulgativos de Entomología No. 3. Medellín, Colombia, 1997. p. 45 – 50.

MADRIGAL, C.; YEPES, F.; SERNA, F. Anotaciones acerca de la hormiga arriera *Atta cephalotes*. [s.l.] [s.f.] 21 p.

MACKAY, W.; MACKAY, E. Las hormigas de Colombia: Arrieras del género ATTA (Hymenoptera: Formicidae) En: Revista Colombiana de Entomología, Vol. 12 No. 1. 1986. p. 23 – 30.

MARTIJNTJE, A. Fungus culturing and defense against pathogens in *Acromyrmex* leaf-cutting ants. [s.l.] [s.f.] p. 392 – 395.

MEJIA, J. Efecto orgánico de los montículos de los nidos de hormigas cortadoras de hojas *Atta cephalotes* (L) en diversos sistemas del Valle del Cauca. Santiago de Cali, Colombia, 2001. p. 1 – 9, 32 – 35. Tesis de grado, Universidad del Valle.

MILIUS, S. When ants squeak. En: Science News. Vol. 157, No. 6 (Feb., 2000); p. 92.

MOFFETT, M. Leafcutters: Gardeners of the ant world. En: Revista National Geographic. (Jul., 1995). p. 98 – 111.

MOLANO, A. Monografía sobre Hormigas con énfasis sobre *Atta spp* y *Acromyrmex spp*. Universidad Nacional de Colombia. Santa Fe de Bogotá, Colombia, 1996. 85 p.

MORGAN, R. Natural history and captive management of leaf-cutting ants in the genus *Atta* (Hymenoptera: Formicidae). En: AAZPA Annual Conference Proceedings (1991). p. 321 – 328.

MUELLER, U. Ant versus fungus versus mutualism: Ant-cultivar conflict and the deconstruction of the Attine Ant-fungus Symbiosis. En: The American Naturalist Vol. 160 (Oct., 2002); 32 p.

MULLER, U.; ADAMS, R. Agro-predation: usurpation of attine fungus gardens by *Megalomyrmex* ants. En: Naturwissenschaften Vol. 2000 (2000); p. 549 – 554.

MUELLER, U.; WANG, Y.; CLARDY, J. Antifungal diketopiperazines from symbiotic fungus of fungus – growing ant. En: Journal of Chemical Ecology Vol. 25, No. 4 (1999) p. 935 – 941.

MUELLER, U. Evolution and metabolism of fungi symbiotic with leafcutter ants. [s.l.] 2003. 4p.

MUELLER, U.; CHAPELA, I.; REHNER, A. Evolutionary history of the symbiosis between fungus – growing ants and their fungi. En: Science Vol. 266 (Dic., 1994); p. 1691 – 1694.

MUELLER, U.; GREEN, A.; ADAMS, R. Extensive exchange of fungal cultivars between sympatric species of fungus-growing ants. En: Molecular Ecology Vol. 11 (2002); p. 191 – 195.

MUELLER, U.; REHNER, Stephen; SCHULTZ, Ted. The evolution of agriculture in ants. En: Science. Vol. 281 (Sep., 1998); p. 2034 – 2038.

MUELLER, U.; HERRE, E.; REHNER, S. The evolution of mutualisms: exploring the paths between conflict and cooperation. En: Tree Vol. 14, No. 2. (Feb. 1999); p. 49 – 53.

MUELLER, U.; SCHULTZ, T.; CURRIE, C. The origin of the attine ant-fungus mutualism. En: The Quarterly Review of Biology Vol. 76, No. 2 (Jun., 2001); p. 169 – 197.

MUELLER, U.; ADAMS, R.; HOLLOWAY, A. Garden sharing and garden stealing in fungus-growing ants. En: Naturwissenschaften Vol. 87. (2000); p. 491 – 493.

ORDUZ, S.; LOPEZ, E. Caracterización molecular y evaluación de cepas de *Metarhizium anisopliae* asiladas de reinas de la hormiga arriera *Atta cephalotes* para su control. Medellín, Colombia, [s.f.]. 2 p.

ORTEGA, E. Hormigas cortadoras de hojas y deforestación. En: Aconteceres entomológicos (1999); Medellín, Colombia. p. 253 – 270

ORTIZ, A.; ORDUZ, S.; MADRIGAL, A. Selección y evaluación de una cepa de *Trichoderma* o *gliocladium* para el control de *Atta cephalotes* en condiciones de laboratorio. Medellín, Colombia, [s.f.] p. 45 – 60.

PECK, A. Benefits and roles of ant – plant mutualism. Artículo en revisión. [s.l.], 2001.

PENNINGTON, G. Pasturas a prueba de hormigas. En: CIAT Internacional. Vol. 13, No. 1 (Mar., 1994); Santiago de Cali, Colombia. CIAT, 1994. p. 3 – 4.

RAMÍREZ, G. Manual de agricultura orgánica: Hormiga arriera, métodos de control y convivencia. Buga, Colombia, 1999. p. 129 – 136.

REED, J.; CHERRETT, J. Foraging strategies and vegetation exploitation in the leaf-cutting ant *Atta cephalotes* (L.): A preliminary simulation model. En: VANDERMEER, R.; JAFFE, K.; CEDENO, A. Applied Myrmecology: A world perspective. Westview, Boulder. 1990. p. 355 – 366.

ROCKWOOD, L. Distribution, density and dispersion of two species of *Atta* (Hymenoptera: Formicidae) in Guanacaste Province, Costa Rica. En: Journal of Animal Ecology. Vol. 2 (1973); p. 243 – 268.

ROCKWOOD, L. Plant selection and foraging patterns in two species of leaf-cutting ants (*Atta*) En: Ecology. Vol. 57 (1976); p. 48 – 61.

s.a. Cazadores de hormigas culonas. En: Periódico El Tiempo (2003). Santiago de Cali, Colombia. 1B.

s.a. La Hormiga arriera invade suelo de Cali. En: Periódico El País (15, Sept., 1999); Santiago de Cali, Colombia, 1999.

SALZEMANN, A.; JAFFE, K. Territorial ecology of the leaf-cutting ant, *Atta Laevigata*. En: VANDERMEER, R.; JAFFE, K.; CEDENO, A. Applied Mymercology: A world perspective. Westview, Boulder. 1990. p. 345 – 353.

SCHULTZ, T. Ants, plants and antibiotics. En: Revista Nature Vol. 398 (Abr., 1999); p. 747 – 748.

SCHULTZ, T. Stalking the Wild Attine. En: Notes from Underground Vol. 8 (1993); 25 p.

SERNA, F. Las hormiga, bioindicadoras de la salud de los ecosistemas terrestres. En: Aconteceres entomológicos (1999); Medellín, Colombia. p. 233 – 256.

SERNA, F. Las arrieras, hormigas de la tribu *Attini*. En: Aconteceres entomológicos (1999). p. 1 – 15.

STEVENS, G. *Atta cephalotes* (Zompopas, Leaf-cutting ants). En: Costa Rican Natural History (1983); p. 688 – 691.

VAN BORM, S.; WENSELEERS, T.; BILLEN, J.; BOOMSMA, J. Wolbachia in leaf-cutter ants: a widespread symbiont that may induce male killing or incompatible matings. En: Revista J. Evol. Biol. (Jul., 2001) Blacwell Science Ltd. p. 805 – 814.

VASCONCELOS, H.; FOWLER, H. Foraging and fungal substrate selection by leaf-cutting ants. En: VANDERMEER, R.; JAFFE, K.; CEDENO, A. Applied Mymercology: A world perspective. Westview, Boulder. 1990. p. 410 – 419.

WIRTH, R.; BEYSCHLAG, W.; RYEL, R.; HÖLLDOBLER, B. Annual foraging of the leaf – cutting ant *Atta colombica* in a semideciduous rain forest in Panama. En: Journal of Tropical Ecology Vol., 13 No. 5 (1997); p. 741 – 757.

ANEXOS

Anexo A. Caracterización de nidos de *Atta cephalotes* en el JBC.

Hormiguero	Zona del Jardín Botánico	No. Aproximado de bocas	Largo (m)	Ancho (m)	Área total (m ²)
1c	Carretera	17	5.98	5.38	32.17
2c	Carretera	138	37.81	9.52	359.95
3c	Carretera	9	10.29	2.20	22.64
4c	Carretera	114	22.71	10.37	235.50
5c	Carretera	53	51.51	10.00	515.10
1s	Bosque	37	16.50	5.35	88.27
2s	Bosque	75	11.06	9.80	108.38
3s	Bosque	39	12.58	4.00	50.32
4s	Bosque	51	23.97	12.26	293.87
5s	Bosque	56	21.78	3.92	85.37
6s	Bosque	49	12.49	5.60	69.94
7s	Bosque	75	10.49	7.03	73.74
8s	Bosque	121	28.03	14.16	396.90
9s	Bosque	7	4.42	0.80	3.53
10s	Bosque	-	-	-	-
11s	Bosque	-	-	-	-
1i	Investigación	202	8.90	4.87	38.89
2i	Investigación	58	11.90	9.24	109.95
3i	Investigación	39	19.34	14.29	276.36
4i	Investigación	-	-	-	-
5i	Investigación	22	5.80	4.40	25.52
6i	Investigación	-	-	-	-
Total área ocupada					2788.04

Anexo B. Listado de especies presentes en la colección *in-situ* Jardín Botánico de Cali^{††}.

	NOMBRE CIENTIFICO		NOMBRE CIENTIFICO
1	<i>Albizia saman</i>	46	<i>Mangifera indica</i>
2	<i>Allamanda catártica</i>	47	<i>Melia azederach</i>
3	<i>Annona cherimolia</i>	48	<i>Myrcia sp.</i>
4	<i>Annona muricata</i>	49	<i>Myrcia popayanenses</i>
5	<i>Bambusa vulgaris</i>	50	<i>Ochroma pyramidale</i>
6	<i>Bauhinia variegata</i>	51	<i>Pachira aquatica</i>
7	<i>Bixa orellana</i>	52	<i>Persea sp.</i>
8	<i>Bougainvillea glabra</i>	53	<i>Persea caerulea</i>
9	<i>Brownea ariza</i>	54	<i>Persea americana</i>
10	<i>Bunchosia pseudonitida</i>	55	<i>Pimenta racemosa</i>
11	<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	56	<i>Piper aduncun</i>
12	<i>Caesalpinia pulcherrhima</i>	57	<i>Piper auritum</i>
13	<i>Calliandra pittieri</i>	58	<i>Pithecellobium dulce</i>
14	<i>Caroyodendron orinocense</i>	59	<i>Psidium guajava</i>
15	<i>Cassia fistula</i>	60	<i>Psidium friedrichstthaliann</i>
16	<i>Cassia spectabilis</i>	61	<i>Roystonea regia</i>
17	<i>Crecropia caucana</i>	62	<i>Senna spectabilis</i>
18	<i>Cedrela montana</i>	63	<i>Senna reticulata</i>
19	<i>Ceiba pentandra</i>	64	<i>Sweitenia macrophylla</i>
20	<i>Chrysalidocarpus lutescens</i>	65	<i>Tabebuia rosea</i>
21	<i>Citharexylum kuntianum</i>	66	<i>Tecota stans</i>
22	<i>Citharexylum subilavescens</i>	67	<i>Terminalia catappa</i>
23	<i>Citrus sinensis</i>	68	<i>Toxicodendron sp.</i>
24	<i>Citrus sp.</i>	69	<i>Trema micrantha</i>
25	<i>Clusia sp.</i>	70	<i>Vernonia patens</i>
26	<i>Coffea arabica</i>	71	<i>Cananga odorata</i>
27	<i>Croton gossypiaefolium</i>	72	<i>Guadua angustifolia</i>
28	<i>Delonix regia</i>	73	<i>Lagerstroemia indica</i>
29	<i>Elaeis oleifera</i>	74	<i>Melicoccus bijugatus</i>
30	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	75	<i>Phoebe cinnamomifolia</i>
31	<i>Eritrina poepigiana</i>	76	<i>Sapindus saponaria</i>
32	<i>Eugenia jambos</i>	77	<i>Spathodea campanulata</i>
33	<i>Eugenia uniflora</i>	78	<i>Trichanthera gigantea</i>
34	<i>Ficus obtusifolia</i>	79	<i>Eucalyptus globulus</i>
35	<i>Ficus sp.</i>	80	<i>Codiaeum variegatum</i>

^{††} Adaptado de Bustamante (2004)

36	<i>Ficus elastica</i>	81	<i>Pseudosamanea guachapele</i>
37	<i>Ficus glabrata</i>	82	<i>Xanthoxylum monophyllum</i>
38	<i>Guarea guidonia</i>	83	<i>Artocarpus communis</i>
39	<i>Guazuma ulmifolia</i>	84	<i>Rapanea guianensis</i>
40	<i>Hibiscus rosasinensis</i>	85	<i>Mammea americana</i>
41	<i>Inga edulis</i>	86	<i>Phoebe cinnamomifolia</i>
42	<i>Inga spectabilis</i>	87	<i>Fagara pterota</i>
43	<i>Jacaranda caucana</i>	88	<i>Solanum sp.</i>
44	<i>Leucaena leucocephala</i>	89	<i>Duranta sp.</i>
45	<i>Malpighia glabra</i>		



Anexo C. Fotografía aérea del Jardín Botánico de Cali, ubicado en la cuenca media del río Cali. Escala desconocida. Fuente: Jardín Botánico de Cali.

